

## **Taşıyıcı Sistem Teknolojilerinin Yapı Yapma Kültürüne Etkilerinin İncelenmesi**

### **An Examination of the Effects of Structural System Technologies on Building Culture**

Burçin Söyler<sup>1\*</sup>, Murat Taş<sup>2</sup>, Nilüfer Taş<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü – Mimarlık Ana Bilim Dalı, Görükle Kampüsü, Bursa, Türkiye

<sup>2</sup> Bursa Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Görükle Kampüsü, Bursa, Türkiye

<sup>3</sup> Bursa Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Görükle Kampüsü, Bursa, Türkiye

#### **ÖZET**

Taşıyıcı sistem teknolojileri, tarihsel süreç boyunca yalnızca yapının ayakta kalmasını sağlayan teknolojik çözümler olarak değil, aynı zamanda yapı yapma kültürünü biçimlendiren temel belirleyicilerden biri olarak rol oynamıştır. Malzeme imkanları, üretim teknikleri ve yapım süreçlerindeki dönüşümler, mimari strüktürün mekansal, biçimsel ve tektonik ifadelerini doğrudan etkilemiş; bu durum farklı dönemlerde farklı yapı kültürlerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Bu bağlamda çalışma, taşıyıcı sistemlerin mimarlık pratiğindeki kültürel ve tasarımsal rolünü, dönemsel karşılaştırmalar üzerinden yeniden tartışmaya açarak literatüre kavramsal bir çerçeve sunmayı hedeflemektedir. Yapılan çalışma, taşıyıcı sistem teknolojilerindeki dönüşümün yapı yapma kültürü üzerindeki etkilerini geleneksel zanaat dönemi, endüstri dönemi ve dijital tasarım dönemi olmak üzere üç eşik dönem üzerinden incelemektedir. Çalışma kapsamında bu dönemler yalnızca kronolojik bir sıralama biçiminde ele alınmamış; aynı zamanda taşıyıcı sistem kurgusu, üretim ve bileşen karakteri, biçim-strüktür ilişkisi, tektonik ifade biçimi parametreleri bağlamında karşılaştırmalı bir analitik çerçeve içinde değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında nitel araştırma yöntemleri benimsenmiştir. Araştırma yöntemi olarak öncelikle yapı yapma kültürü, mimari strüktür ve teknoloji ilişkisinde odaklanan literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Ardından her bir dönemi temsil eden örnek yapılar üzerinden o döneme ait yapı yapma kültürü analiz edilmiştir. Örnek yapılar, taşıyıcı sistem teknolojilerinin mimari ifadeyi nasıl dönüştürdüğünü ortaya koyacak şekilde belirlenen parametreler doğrultusunda incelenmiştir. Elde edilen bulgular, taşıyıcı sistem teknolojilerinin yapı yapma kültürünü biçimlendiren temel aktörlerden biri olduğunu göstermekte olup; gelecekte yapılacak çalışmaların ise bu dönüşümün sürdürülebilirlik, döngüsel yapı üretimi ve yapay zeka destekli tasarım araçlarıyla ilişkisini incelemesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Taşıyıcı Sistem Teknolojileri, Yapı Yapma Kültürü, Mimari Strüktür.

#### **ABSTRACT**

Structural system technologies have played a decisive role throughout history not only as technological solutions that ensure the physical stability of buildings, but also as one of the fundamental determinants shaping building culture. Transformations in material possibilities, production techniques, and construction processes have directly influenced the spatial, formal, and tectonic expressions of architectural structures, thereby enabling the emergence of distinct building cultures in different historical periods. In this context, the study aims to contribute a conceptual framework to the literature by reexamining the cultural and design-related roles of structural systems in architectural practice through period-based comparisons. The study investigates the effects of transformations in structural system technologies on building culture across three critical threshold periods: the traditional craft era, the industrial era, and the digital design era. Within the scope of the study, these periods are not addressed merely through a chronological sequence; rather, they are evaluated within a comparative analytical framework

Başvuru: 23.01.2026 Kabul: 17.03.2026

Doi: 10.51764/smutgd.1870369

<sup>1\*</sup>Sorumlu yazar: Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü – Mimarlık Ana Bilim Dalı, Görükle Kampüsü, Bursa, Türkiye; E-mail: [burcinsoyler@gmail.com](mailto:burcinsoyler@gmail.com); ORCID:0009-0005-0744-3984

<sup>2</sup> E-mail: [murattas@uludag.edu.tr](mailto:murattas@uludag.edu.tr); ORCID:0000-0001-6152-5650

<sup>3</sup> E-mail: [nilufertas@uludag.edu.tr](mailto:nilufertas@uludag.edu.tr); ORCID:0000-0002-3627-2011

based on parameters such as structural system configuration, production and component characteristics, form–structure relationships, and modes of tectonic expression. The study adopts qualitative research methods. As a research methodology, a literature review focusing on the relationship between building culture, architectural structure, and technology was first conducted. Subsequently, the building culture of each period was analyzed through representative case studies. These case studies were examined in accordance with predefined parameters designed to reveal how structural system technologies transform architectural expression. The findings demonstrate that structural system technologies are one of the key actors shaping building culture; future studies should examine the relationship between this transformation and sustainability, circular building production, and AI-assisted design tools.

**Keywords:** Structural System Technologies, Building Culture, Architectural Structure.

## 1. GİRİŞ

Taşıyıcı sistemler, bir yapının ayakta kalmasını sağlayan, dış yükleri ve kendi ağırlığını zemine aktaran fiziksel sistemler olarak tanımlanmaktadır. Ancak mimarlık disiplini taşıyıcı sistem kavramı yalnızca teknik çözümler olarak değil, bu sistemlerin yapı yapma kültürünün temel belirleyicilerinden biri olarak ele alınmaktadır (Kılınç, 2024). Yapıların taşıyıcı sistem kararları; malzeme olanakları, üretim teknikleri ve yapım yöntemleriyle birlikte yapı yapma kültürünü şekillendirmektedir. Bu bağlamda mimari teknoloji, tasarım ve yapım arasında ilişki kuran bir araçtır. Mühendislik bilgisi ve mimari ifadenin kesişiminde yer alan mimari teknolojinin en önemli somut örneklerinden biri taşıyıcı sistemler ve bu sistemlerin evrimidir.

Tarihsel süreç boyunca taşıyıcı sistem kavramı mimarlık pratiğinde çoğunlukla teknik bir zorunluluk olarak ele alınmış, mimarlık tarihi ise biçim, üslup ve estetik okumalar olarak taşıyıcı sistemleri değerlendirmiştir. Ancak teknolojiyle gelişim gösteren yapı üretim süreçleri, taşıyıcı sistemleri yapı yapma kültürünü belirleyen temel unsurlarından biri haline gelmiştir. Özellikle malzeme teknolojilerindeki gelişmeler ile üretim ve yapım yöntemlerinde gözlemlenen değişim, yapı yapma kültürünü dönüştüren aktörlerden biridir.

Kültür, yaşamsal ve toplumsal ihtiyaçları karşılayan işlevsel bir oluşum olarak tanımlanmaktadır (Güvenç, 1997). Asar (2022) bir yere veya bir şeye ait olma durumu olarak kültür kavramını yorumlamıştır. Yapı yapma kültürü ise toplumsal ve bireysel yaşamın fiziksel çevreye kümülatif yansıması olarak açıklanabilir. Yapı yapma kültürü, toplumun talebi doğrultusunda kültürün insanı, insanın ise kültürü yönlendirdiği bir döngü olarak gelişmektedir (Metin, 2022). Bölgeye veya döneme ait olan yapı yapma kültürü; mekan organizasyonu, plan tipi, malzeme seçimi, yapım süreci ve taşıyıcı sistemler gibi birçok faktörle şekillenmektedir (Örmecioğlu vd., 2013).

Mimarlık literatüründe taşıyıcı sistemler genellikle teknik, yapısal performans veya malzeme özellikleri çerçevesinde ele alınmaktadır. Bu sistemlerin mimari düşünce, üretim pratikleri ve tektonik ifade üzerindeki kültürel etkileri ise sınırlı sayıda çalışmada tartışma konusudur. Teknolojinin gelişimiyle taşıyıcı sistem tasarımlarında yaşanan dönüşümlerin ele alındığı çalışmalar çoğu zaman bütüncül çerçeveden veya dönemin kültürel okumalarından bağımsız olarak incelenmiştir.

Bu çalışma teknolojiyle birlikte taşıyıcı sistemlerin gelişiminin, mimarlık pratiğindeki kültürel ve tasarımsal rolünü dönemsel karşılaştırmalar üzerinden yeniden tartışmaya açarak literatüre kavramsal bir çerçeve sunmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda çalışma, üç temel eşik dönem üzerinden taşıyıcı sistem teknolojilerinde yaşanan dönüşümlerin yapı yapma kültürüne olan etkilerini incelemektedir; geleneksel zanaat temelli üretim dönemi, endüstriyel seri üretim –makineleşme dönemi ve dijital tasarım paradigması. Çalışmada her dönemi temsil eden iki yapı örneği analiz edilmiştir. Örnek yapıların seçiminde temel kriter; dönemin taşıyıcı sistem teknolojilerini temsil etmesi, üretim yöntemleri, mimari form ile strüktür arasındaki ilişkiyi açık biçimde ortaya koyması, literatürde referans verilen örnekler olması olarak belirlenmiştir.

Bu doğrultuda çalışmanın ilk bölümünde literatür değerlendirmesi sunulmakta, çalışmanın amaç ve kapsamı belirtilmektedir. İkinci bölümünde araştırma yöntemi ve dönemlerin tanıtılmasıyla birlikte örnek yapı seçimi açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde bulgular dönemsel olarak tartışılmakta ve örnek yapı okumaları yapılmaktadır. Dördüncü bölümde bulgular karşılaştırılarak yaşanan dönüşümler tartışılmış, son bölümde ise elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, taşıyıcı sistem teknolojilerinin yapı yapma kültürü üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde kurgulanmıştır. Araştırma yöntemi, literatür taraması ile örnek yapı incelemesini birlikte ele alan bütüncül bir yaklaşıma dayanmaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında taşıyıcı sistem teknolojileri, yapı yapma kültürü ve mimari strüktür ilişkisini ele alan kuramsal ve tarihi literatür incelenmiş; farklı dönemlerde öne çıkan malzeme teknolojileri, yapım teknikleri ve strüktürel yaklaşımlar değerlendirilmiştir. İkinci aşamada ise

literatür taraması sonucunda belirlenen dönemleri temsil eden örnek yapılar seçilerek incelenmiştir. Örnek yapılar, yalnızca tarihsel anlatıyı destekleyen betimleyici unsurlar olarak değil, dönemler arası dönüşümü analiz etmeye olanak sağlayan analitik araçlar olarak ele alınmıştır. Çalışmanın karşılaştırmalı analiz ve bulgular bölümünde ise örnek yapılardan elde edilen bulgular, belirlenen parametreler doğrultusunda karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş ve taşıyıcı sistem teknolojilerindeki dönüşümün yapı yapma kültürüne yansımaları analiz edilmiştir.

## 2.1. Dönemsel Sınıflandırmaların Gerekçesi

Çalışma, geleneksel dönem ve zanaat kültürü, Endüstri Devrimi ve makineleşme, dijital tasarım ve mimari üretimde dönüşüm olmak üzere üç temel eşik dönem üzerinden taşıyıcı sistem teknolojilerinin yapı yapma kültüründeki dönüşümünü incelemektedir. Literatür taraması sonucu belirlenen dönemlere malzeme teknolojileri, üretim yöntemleri, tektonik ifade biçimleri ve taşıyıcı sistem kurgularında yaşanan köklü değişimleri temsil etmeleri nedeniyle yer verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında geleneksel dönem, zanaat temelli bilgi üretimi ve yerinde deneyim yoluyla şekillenen bir yapı yapma kültürünü ifade etmektedir. Yaklaşık olarak sanayi öncesi döneme karşılık gelen bu süreçte ilkel barınma pratiklerinden farklı olarak, yerleşik yaşamla birlikte ortaya çıkan kemer, tonoz, kubbe gibi gelişmiş taşıyıcı sistemlerin üretilebildiği tarihsel süreçlerin anlatımı yapılmaktadır.

Endüstri Devrimi ile birlikte taşıyıcı sistem teknolojileri, malzeme üretimi ve yapım yöntemlerinde yaşanan köklü dönüşümler sonucunda yeni bir eşik noktasına ulaşmıştır. 18. yüzyılın sonlarından itibaren ele alınan endüstri dönemi, taşıyıcı sistem bilgisinin zanaat ortamından ayrılarak, mühendislik disiplininin uzmanlık alanına dönüşmesi açısından kırılma olması sebebi ile ele alınmıştır.

20. yüzyılın sonlarından itibaren dijital tasarım araçları, hesaplama yöntemleri ve sayısal üretim teknolojilerinin gelişmesi, taşıyıcı sistemlerin tasarım ve üretim süreçlerinde yeni bir dönüşüm sürecini başlatmıştır. Dijital tasarım döneminin ele alınmasının temel nedeni, tasarım ve üretim arasındaki ilişkinin yeniden tanımlanması ve taşıyıcı sistemlerin mimari form ile bütünleşik biçimde ele alınabilmesidir. Dijital tasarım süreci, yalnızca biçim üretimi olarak değil; performans, malzeme ve üretim süreçlerini kapsayan bütüncül bir paradigma olarak incelenmiştir.

## 2.2. Örnek Yapıların Seçim Kriterleri

Dönemlerin kültürel okumalarını desteklemek amacı ile her bir dönem içerisinde iki örnek yapı incelenmiştir. Bulunduğu dönemin taşıyıcı sistem teknolojilerini temsil etmesi, malzeme ve üretim tekniklerindeki yenilikleri yansıtması, mimari form ile strüktür arasındaki ilişkiyi ortaya koyması örnek yapı seçimlerinde temel ölçütler olarak belirlenmiştir.

Geleneksel dönem anlatımına dahil edilen Chartres Katedrali ve Tinmal Camii örnekleri, zanaat kültürünün taşıyıcı sistem bilgisini yapısal bütünlüğe dönüştürdüğünü açıklamaktadır. Endüstri döneminde yer alan Coalbrookdale Iron Bridge ve Crystal Palace örnekleri, malzeme kullanımı ve tektonik ifade biçiminin değişimini desteklemektedir. The Shed ve DFAB House örnekleri, dijital tasarım döneminin hesaplamalı mühendislik araçları aracılığı ile mimari ürünün uyarlanabilir hale geldiğinin ve bütünleşik tasarımın vurgusunu yapmaktadır.

## 2.3. Analiz Çerçevesi

Çalışma kapsamında incelenen yapı örneklerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilebilmesi için literatür taraması doğrultusunda analitik bir çerçeve oluşturulmuştur. Bu doğrultuda taşıyıcı sistem teknolojilerinin yapı yapma kültürü üzerindeki etkilerini görünür kılmak amacı ile dört temel parametre belirlenmiştir. Bu parametreler; taşıyıcı sistem türü, üretim ve bileşen karakteri, biçim-strüktür ilişkisi ve tektonik ifade biçimi olarak tanımlanmıştır. Belirlenen parametreler doğrultusunda her bir yapı örneği plan, kesit ve görünüş çizimleri, yapıya ait fotoğraflar, teknik raporlar ve akademik yayınlar gibi farklı veri kaynakları temel alınarak, alınan referanslara örnek yapı analizlerinde yer verilmiştir. Ele alınan her bir parametre için göstergeler belirlenmiştir:

- Taşıyıcı sistem türü parametresi, yapının yük aktarımını sağlayan temel strüktürel sistemin niteliğini ve yapısal organizasyonu ifade etmektedir. Yapısal sistem organizasyonu, kullanılan ana taşıyıcı malzeme ve yük aktarım mantığının açıklanması bu parametre kapsamında ele alınmıştır (Kılınc, 2024). Bu kapsamda taşıyıcı sistem kategorileri; yığma sistemler, çerçeve sistemler ve hibrit- dijital strüktürler olarak ele alınmıştır.
- Üretim ve bileşen karakteri parametresi ise, yapının üretim sürecinde kullanılan yöntemleri ve bileşenlerin üretim biçimlerini tanımlamaktadır (Giedion, 1948). Bu kapsamda yerinde zanaat üretimi, prefabrikasyon, modüler seri üretim ve dijital fabrikasyon gibi üretim yaklaşımları dikkate alınmıştır.

- Biçim-strüktür ilişkisi parametresi, mimari formun taşıyıcı sistem ile kurduğu ilişkiyi ortaya koymayı amaçlamaktadır (Karimov vd., 2024; Kolarevic, 2004). Bu kapsamda formun doğrudan strüktürden türediği, üretim sisteminin formu belirlediği veya performans temelli tasarım süreçleriyle form ve strüktürün eş zamanlı geliştiği durumlar analiz edilmiştir.
- Tektonik ifade biçimi parametresi ise yapının strüktürel ve üretimsel özelliklerinin mimari ifade içerisindeki görünürlüğünü değerlendirmektedir (Frampton, 1997; Sekler, 1965). Yük aktarımının görünür olması, montaj ve birleşim detaylarının ifade edilmesi, modüler tekrar sistemi, hareketli taşıyıcı sistemler ile mekanın farklılaşması ve üretim sürecine ait izlerin yapıda okunabilmesi bu parametre kapsamında ele alınmıştır.

Yapılara ilişkin elde edilen veriler parametreler ve göstergeleri doğrultusunda sistematik olarak değerlendirilmiş ve Tablo 1’de karşılaştırmalı bir analiz çerçevesinde sunulmuştur. Karşılaştırmalı analiz sürecinde elde edilen veriler üç ana eksenle birleştirilip yorumlanmaktadır. Bunlar strüktürel bilginin üretim eksen, yapı üretim mantığı eksen, mimari form ile strüktür arasındaki ilişki eksen olarak tanımlanmıştır:

- Strüktürel bilgi üretim eksen: Taşıyıcı sistem bilgisinin zanaat temelli deneyimden mühendislik hesaplarına ve hesaplamalı tasarım yöntemlerine doğru geçirdiği dönüşümü incelemektedir.
- Yapı üretim mantığı eksen: Yapı üretim süreçlerinin yerinde zanaat üretiminden endüstriyel seri üretime ve dijital fabrikasyon süreçlerine doğru gelişimini değerlendirmektedir.
- Mimari form ve strüktür arasındaki ilişki eksen: Taşıyıcı sistemlerin yalnızca yük taşıyan altyapılar olmaktan çıkarak mimari biçimi üreten ve tasarım sürecinin aktif bir bileşeni haline gelen rolünü analiz etmektedir.

İncelenen her dönem ve yapı örneği için, Tablo 1 verilerinden elde edilen ayırt edici bulgular, yapı yapma kültürü bağlamında yorumlanmıştır. Bu yöntem, Tablo 1’in sadece özetleyici bir araç olmasının önüne geçerek, analitik bir çerçevede sentezlenmesini sağlamıştır. Dönemler arası taşıyıcı sistem dönüşümü, üretim teknikleri ve tektonik ifade biçimleri görünür hale getirilmiş, dönemsel karşılaştırma analitik olarak okunabilir bir biçime dönüştürülmüştür.

### 3. TAŞIYICI SİSTEM TEKNOLOJİLERİNİN DÖNÜŞÜMÜ

İnşaat sistemlerinin tarihsel gelişimi incelendiğinde, sürecin ilkel yığma tekniklerinden karmaşık iskele sistemlere ve günümüzde dijital tabanlı üretimlere doğru evrildiği görülmektedir (Vatan, 2017). Geleneksel yapı yapma kültüründe malzeme ve form arasında doğrudan ilişki bulunmaktadır, bu sebeple yerel malzemelerin fiziksel sınırları yapıların biçimini ve açıklık geçme kapasitelerini etkileyen temel unsurdur. Ancak endüstriyel ve dijital teknolojilerin gelişimiyle birlikte bu ilişki malzemeye dayalı bir zorunluluktan çıkıp, performans odaklı tasarım tercihi haline gelmiştir (Çakmak, 2021; Karimov vd., 2024). Özellikle betonarme ve çelik gibi modern malzemelerin inşaat sektörüne girmesi, taşıyıcı sistem kurgusunda köklü değişikliklere yol açmış; strüktür, yapının ağırlığını taşıyan pasif bir eleman olmaktan çıkıp, mimari ifadeyi güçlendiren aktif bir bileşen haline gelmiştir (Kılınç, 2024).

Geleneksel yapı yapma kültüründe taşıyıcı sistemler, zanaatkar ile malzeme arasında inşa sürecinde gelişen aktif bir diyalog ürünüdür. Taş, tuğla veya ahşabın fiziksel davranışlarına göre şekillenen yapı kararları, Sennett (2009)’in “zanaatkar” tanımına uygun olarak, uygulayıcıda zamanla güçlü bir strüktürel sezgi geliştirmiştir. Bu sezgi, yazılı kurallardan çok deneyime dayalı bilgi aktarımını mümkün kılmıştır. Endüstri Devrimi, taşıyıcı sistem teknolojilerinde bilgi üretme biçiminde köklü bir dönüşüm yaratmıştır. Bu dönüşümü Giedion (1948) el ile alet arasındaki iletişimin yeniden tanımlanması olarak açıklar. Makineleşme ile taşıyıcı elemanlar fabrikada üretilen, değiştirilebilir ve seri bileşenler haline gelmiştir. Bu standartlaşma ve modüler tekrar mantığı, dijital tasarım araçlarının mimarlık pratiğine dahil olmasıyla yerini değişkenlik, süreklilik ve uyarlanabilirlik kavramlarına dayalı bir paradigmaya bırakmıştır.

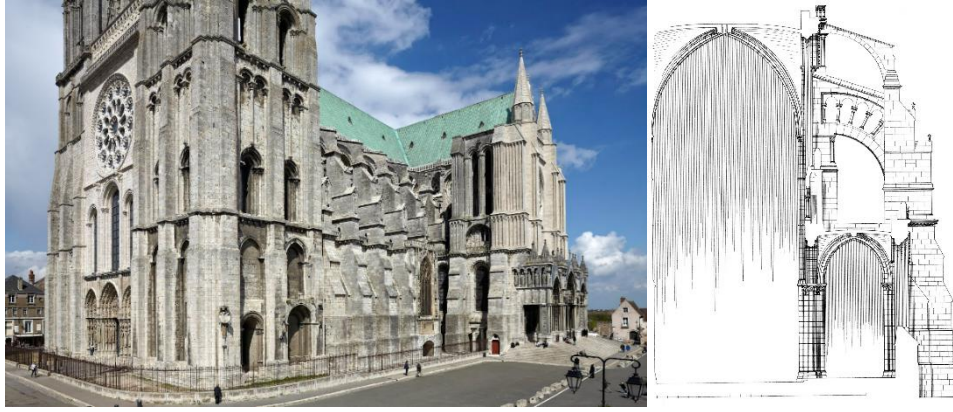
#### 3.1. Geleneksel Dönem ve Zanaat Kültürü

Geleneksel taşıyıcı sistem teknolojileri, geometrik denge ilkeleri temelli, sayısal hesaplama pratiğinden ziyade geometrik oranlara dayalı gelişim gösterir. Bu sistemler geleneksel yapı yapma kültüründe yapının biçimini, oranlarını ve mekansal organizasyonlarını doğrudan belirleyen temel bir unsurdur. Taşıyıcı sistem ile mimari form arasında bir ayrımın bulunmadığı bu dönemin üretim anlayışında, formun kendisi aynı zamanda mimari teknolojinin kendisidir. Geleneksel yapı yapma kültüründe taşıyıcı sistem teknolojisi; kemerin eğrisinde, payandanın kalınlığında ve taşın kesiminde okunabilen şeffaf bir yapı dili olarak varlık gösterir (Huerta, 2001). Bu durum Sekler (1965)’in tektonik tanımı ile örtüşmektedir. Bu şeffaflık geleneksel yapılarda teknolojinin soyut

hesaplama alanı değil, malzeme, geometri ve yapım pratiği üzerinden somutlaşan bir kültür olarak var olmasını sağlamıştır. Taşıyıcı sistemin yığma ya da iskelet karakteri; yapının yere tutunuşunu, malzeme kullanımını ve zanaatkarın bilgi birikimini doğrudan yansıtır (Frampton, 1997).

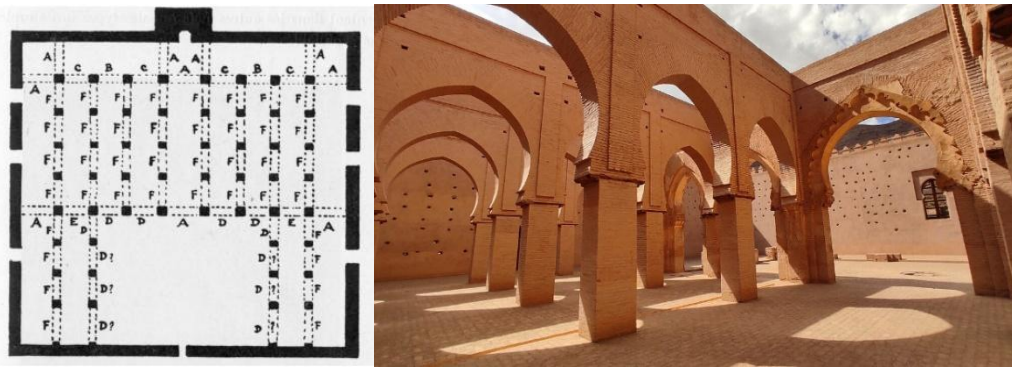
Bu üretim mantığının en yetkin biçimde izlenebildiği örneklerden biri olan Chartres Katedrali, geleneksel zanaat kültürünün taşıyıcı sistem bilgisini nasıl yapısal bir bütünlüğe dönüştürdüğünü göstermektedir. Yapının taşıyıcı sistemi, sivri kemer, kaburgalı tonoz ve uçan payanda olmak üzere üç temel strüktürel yeniliğin bütünlüğüne dayanmaktadır. Bu özelliği ile yığma yapım tekniklerinin sınırlarının zorlanarak, taşıyıcı sistemin mekansal organizasyonu doğrudan belirlediği bir “taş iskelet” anlayışına evrilmesini temsil eder (Elizalde, 2025). Yapının üretim süreci, merkezi bir tasarım otoritesinden ziyade, gezici taş ustası ekiplerinin kolektif ve kümülatif çalışmasına dayanmaktadır. Katedral, (James, 2010)’in “toichology” olarak adlandırdığı duvar analizi yöntemiyle tanımladığı üzere, batıdan doğuya bölüm bölüm değil; tüm yapı boyunca uzanan yatay ve hafif eğimli katmanlar halinde inşa edilmiştir.

Chartres Katedralinde plan ve kesit geometrik sistemlerle düzenlenmiş; taşıyıcı elemanların boyutlandırılması denge prensipleri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir (Elizalde, 2025). Bu yaklaşım, yüzyıllar boyunca denemeyen yolyla biriken ampirik bilginin yapıya aktarılmasıyla mümkün olmuştur. Salvadori (1980)’nin “strüktürel şeffaflık” olarak nitelendirdiği gibi, katedral taşıyıcı sistemin gizlenmediği, aksine yapının mekansal ve simgesel ifadesinin bir parçası haline geldiği bir yapı yapma kültürünü temsil eder (Şekil 1).



Şekil 1. Chartres Katedrali dış mekan, kesit çizimi (URL 2; URL 4)

Bu yaklaşım, Avrupa merkezli gotik geleneğin dışında da örnekler üzerinden okunmaktadır. Almohad mimarisine ait Tinmal Camii, geleneksel yapı yapma kültüründe taşıyıcı sistemin geometrik stabilite ilkesine dayandığını açık biçimde ortaya koyan güçlü bir örnektir. Yapının taşıyıcı sistemi, tuğla payeler ve bu payeleri birbirine bağlayan tonozlardan oluşan geometrik stabilite ilkesine dayanır (Streit, 2013) (Şekil 2). Yapının dış sınırlarını oluşturan ve yanal itkileri karşılayan masif duvarlar, yerel bir teknik olan tabiya tekniği ile inşa edilmiştir.



Şekil 2. Tinmal Camii plan çizimi ve iç mekan (Streit, 2013; URL 6)

Tinmal Camii, T plan şeması üzerinden kurgulanmış, orta nef ve transeptin kesişiminde yer alan kubbe ise taşıyıcı sistemin düğüm noktasını oluşturmaktadır (Ewert, 1986). Yapı, geleneksel yapı yapma kültüründe taşıyıcı sistemin, hesaplanabilir bir mühendislik nesnesinden çok, geometri, kütle ve yapım pratiği üzerinden şekillenen tektonik bir ifade biçimi olarak nasıl işlediğini göstermektedir. Taşıyıcı sistem, mimari formdan ayrılmayan; aksine onu doğrudan belirleyen ve görünür kılan bir bilgi üretim alanı olarak mimarlığın merkezinde yer almaktadır.

Bu bağlamda geleneksel dönemde taşıyıcı sistemin inşası, yalnızca teknik bir montaj süreci olarak değil, aynı zamanda bilgi üretimi ve aktarımına dayalı toplumsal bir yapı olarak ele alınmalıdır (Sennett, 2009). Bu dönemde

yapı yapma kültürü usta-çırak ilişkisine dayalı olarak gelişmiş; taşıyıcı sistemler, malzemenin fiziksel özellikleriyle kurulan doğrudan ilişki üzerinden biçimlenmiştir. Biçim ve strüktür arasındaki doğrudan iletişim, şeffaf tektonik ifadeyi beraberinde getirmiştir.

### 3.2. Endüstri Devrimi ve Makineleşme

Geleneksel dönemde taşıyıcı sistemler, zanaatkarın malzeme ile kurduğu deneyime dayalı ilişki üzerinden, yerinde ve sezgisel olarak biçimlenirken; Endüstri Devrimi ile birlikte bu bilgi, makineleşmiş üretim süreçlerine ve endüstriyel organizasyona aktarılmıştır. Standartlaşma ve seri üretimin inşaat sektörüne girişiyle taşıyıcı sistem teknolojilerini yerel deneyime dayalı bir bilgi alanından, önceden tanımlanmış ve denetlenebilir bir mühendislik problemine dönüştüren tarihsel bir eşik olmuştur (Salvadori, 1980).

Endüstri Devrimi'nin yapı kültürüne en büyük etkisi, taş ve ahşap gibi geleneksel malzemelerin yerini endüstriyel demirin almasıyla gerçekleşmiştir. Bu geçişin erken ve ara bir örneği olarak Coalbrookdale Iron Bridge, sanayileşmenin taşıyıcı sistem teknolojilerinde yarattığı kırılmayı, henüz tam anlamıyla rasyonelleşmemiş bir üretim kültürü içinde temsil eder. Köprü, 30,5 metre açıklığın tek seferde geçildiği dökme demir kemer kaburgasından oluşur. Ancak bu dönemde matematiksel formüller geliştirilmediğinden, sistem taş kemerlerin çalışma prensibiyle ilerlemiştir. Bu özelliği ile köprü, biçimsel olarak bir yenilik sunmak yerine, var olan formların yeni malzeme ile taklidi niteliğindedir (Conway, 1991). Iron Bridge, masif duvarlara ve kütleyle dayalı geleneksel mimari tektoniğinden, iskelet sisteminde ve hafif bir tektonik ifadeye geçişi simgeler (Şekil 3).



Şekil 3. Coalbrookdale Iron Bridge (URL 3)

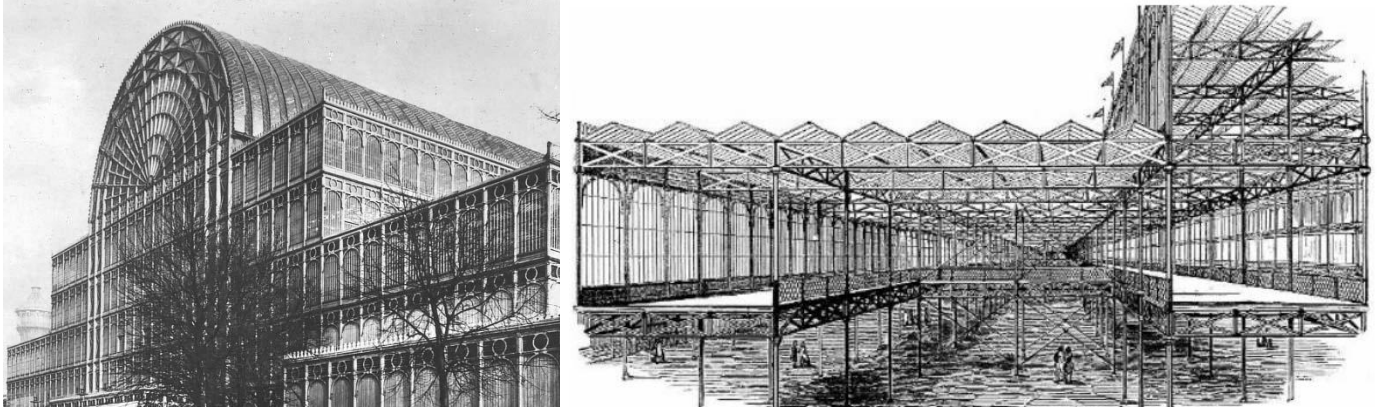
Salvadori (1980)'ye göre yapı malzemelerindeki değişim, taşıyıcı sistemlerin statik mantığını değiştirmiştir. Bu durum daha hafif, daha narin ve daha uzun açıklıklar geçebilen strüktürlerin önünü açmıştır. Betonarme sistemlerde betonun basınç dayanımı ile çeliğin çekme dayanımının bir araya gelmesi, taşıyıcı elemanların çok yönlü gerilmelere karşı çalışmasını mümkün kılarak yapısal formu önemli ölçüde özgürleştirmiştir. Bu teknik gelişmeler taşıyıcı sistem teknolojilerinde verimlilik, ekonomi ve zarafet ilkeleri çerçevesinde şekillenmiştir. Taşıyıcı sistemler artık ayakta durma problemi değil, aynı zamanda modern toplumun hız, verimlilik ve ilerleme ideallerini temsil eden bir ifade aracına dönüşmüştür (Billington, 1983).

1824 yılında Joseph Aspdin'in çimentoyu bulması ile bu dönemde beton teknolojisinde bir devrim yaratmıştır (Çakmak, 2021). Beton ve çeliğin birlikte kullanımında yüksek performans göstermesi, geniş açıklıkların daha kolay ve ekonomik bir şekilde geçilmesi ve cephede istenilen büyüklükte boşluklar bırakılabilmesi yapı yapma kültüründe betonarmenin yükselişinin önünü açmıştır (Kurtuluş, 2021). Aynı dönemde çelik malzemenin mukavemetinin artırılması ve asansörün icadıyla birlikte dikey mimari konsepti gündeme gelmiş; bu durum erken dönem gökdelenlerin görülmesine zemin hazırlamıştır (Metin, 2022).

Yeni yapı malzemelerin kullanımı ve inşa tekniğinin bu doğrultuda gelişim göstermesi, yapı yapma kültüründe yeni bir gösterge olmuştur. Bu dönemde yapılar yüksek mukavemete sahip olan yapı elemanları ile hafifletildiği için "strüktürel dürüstlük" kavramı çerçevesinde değerlendirilmektedir (Kurtuluş, 2021). Mimarlık pratiği inşa etme eyleminden ayrılarak mühendislik ve montaj eylemine odaklanmıştır. Bu dönemde taşıyıcı sistemlerde görülen iskelet mantığı, modüler ve saydam özellikleriyle öne çıkan Crystal Palace yapısında tepe noktasına ulaşmıştır.

Crystal Palace, taşıyıcı sistem teknolojilerinde yaşanan bu dönüşümün olgunlaşmış bir ifadesidir. Taşıyıcı sistem kurgusu dökme demir, dövme demir, ahşap ve camın hibrit kullanımıyla oluşturulan çerçeve sisteminden oluşan

yapı, geleneksel yapı yapma kültürünün masif geleneğinden iskelet sistemine geçişin en radikal örneklerinden biridir (Addis, 2006; Friedman & Redondo, 2012). Yapı taşıyıcı sistem kurgusundaki bu yeni ifadesiyle, taşıyıcı sistemlerin zanaat temelli yerel üretimden, endüstriyel seri üretime dayalı standartlaştırılmış bir yapı yapma kültürüne geçişi simgelemektedir. Tüm yapı, cam levha ölçülerine bağlı olarak belirlenen modüler bir koordinasyonla kurgulanmış; standartlaşmış parçaların fabrikada üretilip şantiyede birleştirilmesiyle kısa sürede tamamlanmıştır (Tavares vd., 2025) (Şekil 4).



**Şekil 4.** Crystal Palace ve taşıyıcı sistem organizasyonu (URL 7; Schoenefeldt, 2008)

Modüler iskelet sistemine sahip olan Crystal Palace, potansiyel olarak sınırsız genişleme imkanı sunmaktadır. Taşıyıcı sistem kurgusu büyük açıklıkların geçilmesine fırsat vermesinin yanı sıra, uyarlanabilir mekansal organizasyon üretimine de elverişli hale gelmiştir. Bu durum geleneksel yapı yapma kültüründe görülen mimari biçimin statik bir sonuç olmaktan çıkıp, strüktürel sistemin mantıksal bir türevi haline geldiğini göstermektedir (Addis, 2006). Frampton (1997) bu dönemin tektoniğini, kütlelerin neredeyse tamamen ortadan kalktığı, ağır/yığılma olandan hafif/çerçeve olana geçiş olarak ifade etmektedir.

Endüstrileşme ile birlikte taşıyıcı sistem teknolojilerinde taşıyıcı sistem ile yapının kabuğu birbirinden ayrılmış, bu ayrışma prefabrikasyon, montaj ve hızlı üretim süreçlerini mümkün kılmıştır (Salvadori, 1980). Bu gelişim yapı yapma kültüründe, önceden hesaplanmış planlı bir endüstriyel montaj nesnesi olan mimari ürün olarak kendini göstermektedir. Sanayileşme süreci mimari form ile strüktür arasındaki ilişkiyi değiştirerek, taşıyıcı sistem teknolojilerini rasyonel bir üretim alanına dönüştürmüştür.

### 3.3. Dijital Tasarım ve Mimari Üretimde Dönüşüm

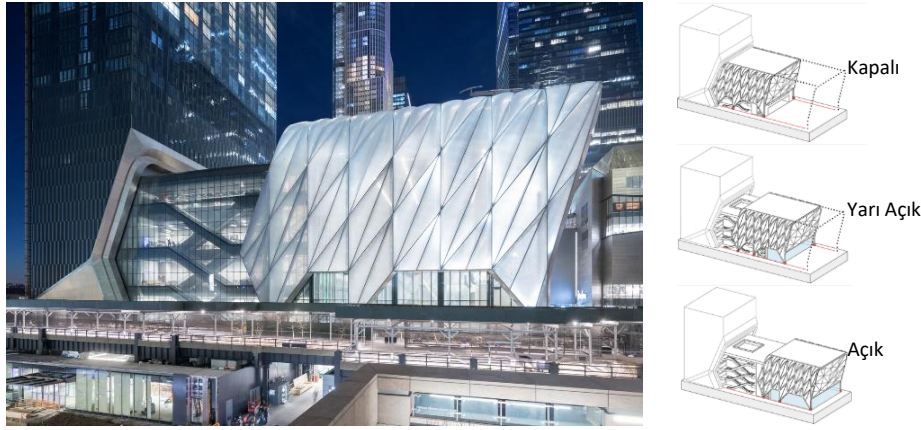
1990'ların başında bilgisayar destekli tasarımın (CAD) yaygınlaşmasıyla yeni bir dijital tektonik akımının ortaya çıkışı, mimarlık pratiğini sürekli ve parametrik olarak değişebilen geometrilere yönlendirmiştir (Carpó, 2013). Bu durum, yapısal elemanların birbirinin aynı olma zorunluluğunu ortadan kaldırarak sürekli formların üretilebildiği bir tasarım ortamı yaratmıştır. Dijital dönüşüm bu yönüyle, endüstriyel çağın tekrar ve tipoloji temelli üretim mantığını aşarak, mimari üretimi varyasyon ve süreklilik üzerinden yeniden tanımlamıştır (Kolarevic, 2001).

Dijital tasarım paradigmasının mimarlıkta yarattığı temel kırılmalardan biri, yapının artık yalnızca sabit bir nesne olarak değil, zamansal olarak değişebilen bir sistem olarak ele alınabilmesidir. Parametrik, adaptif ve kinetik yapılar bu yaklaşımın mekansal karşılıklarıdır. Dijital ortamda tanımlanan davranış senaryoları, yapının formunu ve strüktürel organizasyonunu statik bir sonuç olmaktan çıkararak, program ve çevresel koşullara bağlı olarak yeniden düzenlenebilir hale getirir.

Bu yaklaşımın güncel ve temsil gücü yüksek bir örneği olan The Shed, dijital tasarım ve hesaplamalı mühendislik araçlarının mimarlığı hareket edebilen, uyarlanabilir bir altyapıya dönüştürdüğünü göstermektedir. Yapı, sekiz katlı sabit bir kütle ile bu kütlelerin üzerinden raylar üzerinde hareket ederek açılıp kapanabilen kinetik bir dış kabuktan oluşan hibrit bir sistemdir (Devi vd., 2022). The Shed, mekanın ihtiyacına göre taşıyıcı sistemin yeniden kurgulanabildiği dinamik bir özellik göstermektedir (Akgün vd., 2022). Taşıyıcı sistemin yapıya kazandırdığı bu esneklik, dijital dönemin yapı yapma kültürüne yeni bir yaklaşım getirmiştir. Bu dönemde insan, mekana göre değil; mekan insana göre uyarlanmaya başlanmıştır.

The Shed yapısının üretim süreci, dijital tasarımın yapı yapma kültürünü küresel ölçekte yeniden oluşturduğunu göstermektedir. Hareketli kabuğun geometrisi, parametrik tasarım araçları kullanılarak ağırlığı azaltmak ve rüzgar yüklerine karşı direnci artırmak amacıyla optimize edilmiştir (Berman, 2023). Yapının hafifletilmesi amacıyla cephede cam yerine ETFE yastıkların kullanılması, dijital tasarımın malzeme seçimini de performans odaklı bir karar sürecine dönüştürdüğünü ortaya koymaktadır (Şekil 5). Bu bağlamda The Shed, dijital tasarımın mimarlığı

yalnızca “tasarlanan” bir nesne olmaktan çıkararak, disiplinler arası bilgi ve dijital koordinasyonla üretilen, monte edilen ve hareket eden yüksek performanslı bir sisteme dönüştürdüğünü göstermektedir (Akgün vd., 2022; McCoy ve Duffy, 2022).

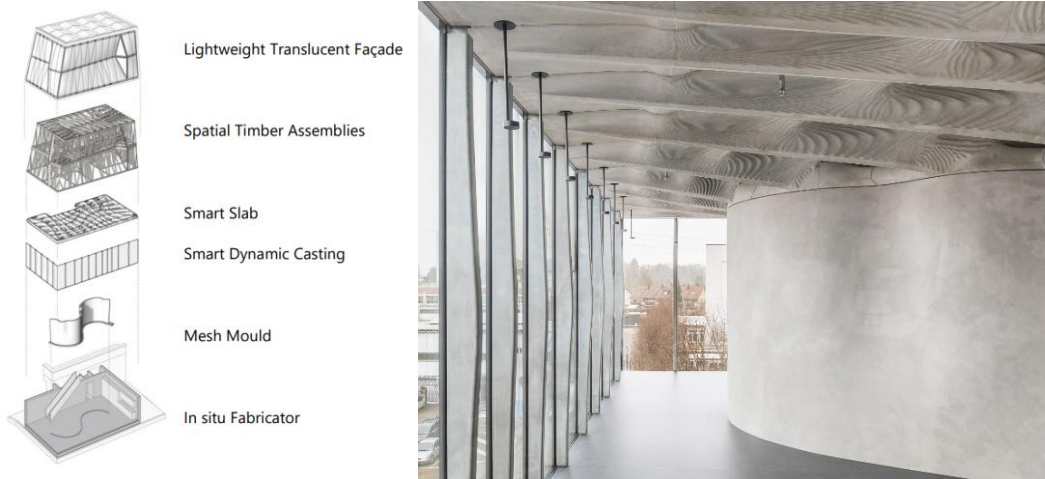


**Şekil 5.** The Shed dış mekan ve kinetik cephe değişim diyagramı (URL 1; Akgün vd., 2022)

Geleneksel tasarım süreçlerinde yapı önce biçimlendirilir, ardından strüktürel ya da çevresel performansı analiz edilirdi. Hesaplamalı tasarım süreçlerinde ise performans kriterleri tasarımın başlangıç parametreleri haline getirilmekte; form, bu kriterler doğrultusunda türetilmektedir. Kolarevic (2004)'in ortaya koyduğu performansa dayalı tasarım anlayışında, strüktür tasarımı ayakta tutan pasif bir öge olmaktan çıkarak, formun oluşumunu yönlendiren aktif bir bileşendir. Bu dönüşüm, malzeme ile form arasındaki ilişkinin de yeniden kurulmasına yol açmıştır. Menges (2016)'in bu konu ile ilgili “malzeme hesaplaması” olarak tanımladığı yaklaşım, malzemenin fiziksel davranışının yapısal formu hesapladığı fiziksel bir süreçtir.

Dijital tasarımın üretim boyutundaki en belirgin yansımalarından biri, robotik üretim, 3D baskı ve kalıpsız imalat tekniklerinin yapı pratiğine dahil olmasıdır. Bu teknikler, endüstriyel çağın kalıba dayalı seri üretim mantığını dönüştürerek, seri özelleştirme (mass customization) yaklaşımını mümkün kılmıştır (Kolarevic, 2001). Böylece üretim sürecinin kendisi, mimari formun ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir.

Bu anlayışın karşılığı olarak DFAB House, tekil ve homojen bir taşıyıcı sistem anlayışı yerine, her biri farklı bir dijital üretim tekniğiyle üretilmiş ve yük aktarım prensiplerine göre optimize edilmiş betonarme ve ahşap bileşenlerin birlikte çalıştığı katmanlı ve hibrit bir dijital kurguya dayanır. (Hack vd., 2020). Yapının üretim süreci bu anlamda endüstriyel çağın seri üretim mantığından, dijital çağın özelleştirme paradigmasının temsilidir (Şekil 6). Yapı elemanlarının üretiminin önemli bir bölümünü doğrudan şantiyede gerçekleştirilmiştir. In situ Fabricator adı verilen otonom mobil robot, Mesh Mould duvarı sahada üreterek standart kalıp atığını tamamen ortadan kaldırmıştır (ETH Zürich, 2019; Hack vd., 2017). Smart Slab döşemesinin kalıplarının 3D kum baskı teknolojisiyle üretilmesi ise, tesisat boşlukları gibi detayların kalıp aşamasında doğrudan entegre edilmesine olanak tanımıştır (Wangler vd., 2016). Bu durum, tasarım, analiz ve üretim süreçlerinin tek bir dijital veri seti etrafında bütünleştiğini göstermektedir.



**Şekil 6.** DFAB House yapı bölümleri, Mesh Mould ve Smart Slab (ETH Zürich, 2019; URL 5)

Yapıda biçim, estetik bir tercih değil; kuvvet akışı, üretim toleransları ve malzeme davranışlarının ortak sonucu

olarak ortaya çıkar. Bu bağlamda DFAB House, dijital tasarımın mimarı yalnızca form üreten bir aktör olmaktan çıkarak, süreci, üretim mantığını ve malzeme davranışını tasarlayan bir konuma yerleştirdiğini gösterir (Graser vd., 2021). Yapı, pürüzsüz ve anonim bir endüstriyel estetik yerine, üretim sürecinin izlerini taşıyan yüksek çözünürlüklü bir tektonik ifade üretir.

Dijital dönemde tasarım, analiz ve üretim süreçlerinin eşzamanlı olarak ilerletilmesi, mimarın rolünü değiştirmiştir. Geleneksel dönemde yapı mimarlar tarafından tasarlanıp performans temelli hesaplamalar için mühendislere devredilir, ardından yapının üretim aşamasına geçilmekteydi. Ancak dijital dönemin senkronizasyon ve “hiper-kolaborasi” adı verilen çok disiplinli çalışma kavramlarını gündeme getirmesi ile mimar; tasarım, yapım ve üretim süreçlerindeki koordinasyonu sağlamakla sorumlu hale gelmektedir.

#### 4. KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ VE BULGULAR

Taşıyıcı sistemler teknolojinin gelişmesiyle yapı yapma kültürünü zaman içerisinde dönüştürmüştür. Bu dönüşümün incelenen yapı örneklerinde, belirlenen parametrelerle incelenmiş, yöntem bölümünde açıklanan ana eksenler altında analizi yapılmıştır (Tablo 1). Yapılan karşılaştırmalı analiz, mimari üretim kültürünün zanaat temelli yerel pratiklerden, endüstriyel seri üretime ve nihayetinde dijital, hesaplamalı ve robotik üretim paradigmalara doğru geçirdiği dönüşümü ortaya koymaktadır. Bunun yanında taşıyıcı sistem teknolojilerindeki dönüşümün yalnızca teknik bir gelişim süreci olmadığını, aynı zamanda mimari ürünün bilgi, üretim ve tasarım ilişkilerini yeniden tanımlayan bir kültürel dönüşüm sürecine de işaret etmektedir.

**Tablo 1.** Yapı örneklerinin belirlenen parametreler doğrultusunda karşılaştırılması

| Dönem                                      | Yapı                             | Taşıyıcı Sistem Türü             | Üretim ve Bileşen Karakteri           | Biçim-Strüktür İlişkisi                                               | Tektonik İfade Biçimi                                                     |
|--------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Geleneksel Dönem ve Zanaat Kültürü         | Chartres Katedrali (12-13. yy)   | Yığma sistem                     | Yerinde zanaat üretimi                | Form doğrudan strüktürden türemiştir.                                 | Yük aktarımı görünür.                                                     |
|                                            | Tinmal Camii (12. yy)            | Yığma sistem                     | Yerinde zanaat üretimi                | Form doğrudan strüktürden ve tipolojiden türemiştir.                  | Yük aktarımı görünür değil, malzeme kütlesi üzerinden okunur.             |
| Endüstri Devrimi ve Makineleşme            | Coalbrookdale Iron Bridge (1781) | Erken dönem çerçeve sistemi      | Erken seri üretim ve montaj           | Strüktür, tipoloji temelli forma uyarlanmıştır.                       | Montaj ve birleşim detayları ifade edilir.                                |
|                                            | Crystal Palace (1851)            | Çerçeve sistemi                  | Prefabrikasyon ve modüler seri üretim | Üretim sistemi formu belirlemiştir.                                   | Montaj ve birleşim detayları ifade edilir, modüler tekrar yapıda görülür. |
| Dijital Tasarım ve Mimari Üretimde Dönüşüm | The Shed (2019)                  | Hibrit ve kinetik çerçeve sistem | Prefabrikasyon ve dijital tasarım     | Form ve strüktür performans temelli tasarımla eş zamanlı gelişmiştir. | Taşıyıcı sistem hareketli ve mekan değişkendir.                           |
|                                            | DFAB House (2019)                | Hibrit dijital strüktür          | Dijital fabrikasyon ve robotik üretim | Performans temelli tasarım ve üretim sistemiyle form belirlenmiştir.  | Üretim sürecine ait izler görünür.                                        |

Tablo 1’de yer alan yapı örnekleri, taşıyıcı sistem teknolojilerinin farklı dönemlerde yapı yapma kültürü üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Geleneksel dönemi temsil eden Chartres Katedrali’nde sivri kemer, kaburgalı tonoz ve uçan payandaların oluşturduğu taşıyıcı sistem, yük aktarımının açık biçimde okunabildiği tektonik şeffaflık özelliği göstermektedir. Tinmal Camii’nde taş ve kerpiç yığma sistem, tuğla payeler ve tipoloji temelli düzenleme ile oluşturulan mekansal kurgu, yerel malzeme bilgisi ve ustalık geleneğinin mimari üretim üzerindeki belirleyici etkisini göstermektedir. Bu durum geleneksel dönemin, zanaat temelli bilgi üretiminin mimari biçimle doğrudan ilişkisini vurgulamaktadır. Taşıyıcı sistemlerin geleneksel dönem yapı yapma kültüründe mimari formu doğrudan

belirleyen unsurlar olduğu söylenebilir.

Endüstri dönemini erken örneği olan Coalbrookdale Iron Bridge, dökme demir kemerlerin prefabrik elemanlarla oluşturulması ve taş köprü tipolojisinin endüstriyel malzemeye aktarılmasıyla ortaya çıkan geçiş dönemi karakteri sergilemektedir. Crystal Palace ise modüler prefabrikasyon ve portal çerçeve sistemiyle üretim mantığının doğrudan mimari biçimi belirlediği bir oluşumu temsil etmektedir. Bu kapsamda endüstri dönemi yapı yapma kültüründe, mühendislik hesaplarıyla üretilen teknik bilginin yapı üretim süreçlerinin belirleyici aktörü olduğu görülmektedir.

Dijital tasarım döneminde The Shed yapısında çelik çerçeve ve kinetik diagrid sistemin performans ve hareket senaryoları doğrultusunda tasarlanması, hesaplamalı tasarım süreçlerinin mimari form ve strüktür ilişkisini yeniden tanımladığını göstermektedir. DFAB House'un robotik üretimle şekillenen hibrit strüktürü ise, taşıyıcı sistemin mimari form ile eşzamanlı geliştiği yeni bir anlayışı ortaya koymaktadır. Bu durum, dijital dönemin hesaplamalı tasarım araçları ve dijital fabrikasyonlar sayesinde, strüktürü performans temelli bir tasarım bileşeni haline getirdiğini göstermektedir.

Yapı yapma kültürünün süreç içerisindeki dönüşümü, dönemin hakim olduğu taşıyıcı sistem teknolojilerindeki bilgi üretim yöntemi, üretim mantığı ve strüktürün form üzerindeki etkisi ile açıklanmaktadır. Geleneksel dönemdeki zanaat temelli yerel üretim, Endüstri Devrimi ile gelişen fabrikasyon ve seri üretim imkanlarıyla yerini teknik hesaplamalara dayalı montaj temelli bir mimari ürüne bırakmıştır. Bu durum mimari formların strüktür temelli oluşumundan, üretim sistemi ile belirlenen modüler tekrarlı form üretimlerine evrilmesine sebep olmaktadır. İnşaat sektöründeki performans temelli yaklaşımların ortaya çıkışı ve dijital hesaplama araçlarının geliştirilmesiyle, endüstri döneminin seri üretim bileşenlerinin yerini uyarlanabilir bileşenler almıştır. Bu bağlamda mimari strüktür yalnızca yük taşıma ve aktarma sistemi olmaktan çıkarak yapıda görünürlüğünü artıran, formun aktif bileşeni haline gelmektedir.

## 5. TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen yapı örnekleri incelemesi ve karşılaştırmalı analiz bulguları, taşıyıcı sistemlerin tarihsel süreçte tipoloji temelli ve zanaat ürünü niteliğinden endüstriyel üretim mantığına geçişini, günümüzde ise hesaplanabilir ve dinamik bir yapıya evrildiğini göstermektedir. Çalışmanın bulguları, yapı yapma kültüründe yaşanan bu dönüşümün yalnızca malzeme teknolojisinin veya mühendislik pratiklerinin gelişmesi ile açıklanamayacağını, dönüşüm sürecinde doğrudan etkili olan mimari bilgi üretim biçimleri, üretim mantığının organizasyonu ve strüktürün mimari tasarımıdaki rolü ile değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Frampton (1997)'un tektonik yaklaşımı; mimari formun, yapım tekniği ve yapım süreci ile ilişkisi mimarlık kültürünü belirleyen temel unsurlardan biri olduğunu işaret etmektedir. Çalışma kapsamında incelenen geleneksel dönem yapı örneklerinde mimari form, taşıyıcı sisteme göre şekillenmektedir. Geleneksel dönemde görülen form üretiminde taşıyıcı sistem rolü Frampton'un tektonik ifade anlayışını destekler nitelikteyken; endüstri döneminde mühendislik uzmanlığının yapı üretim sürecinde belirleyici hale gelmesiyle, taşıyıcı sistemlerin biçim üzerindeki doğrudan etkisi zayıflamıştır.

Endüstri dönemiyle mimari bilgi üretiminde yaşanan dönüşümü Giedion (1948), geleneksel dönemdeki tekil ve yerel üretim biçiminin fabrikalarda üretilen seri bileşenler hale gelmesi olarak tarif etmektedir. Coalbrookdale Iron Bridge, bu bilgi üretim mantığının henüz rasyonelleşmemiş olan bir örneği olarak görülmektedir. Endüstri dönemi yapı yapma kültürü endüstriyel bileşenlerin ve montaj tekniklerinin sınırlılık ve imkanlarının keşfiyle birlikte şekillenmiş; Crystal Palace ile Giedion'un bilgi üretimindeki dönüşüm tanımı somut bir örnek kazanmıştır.

Geleneksel ve endüstriyel dönemlerde taşıyıcı sistem, çoğunlukla sabit tipolojiler ve bilinen yapım mantıkları üzerinden tanımlanırken; dijital tasarım paradigmasında strüktür, hesaplanan, simüle edilen ve davranışsal olarak tanımlanan bir sistem haline gelmiştir. Kolarevic (2004)'in tanımladığı performans temelli tasarım yaklaşımı, bu dönüşümün temel itici gücü olarak okunabilir. Dijital araçlar sayesinde strüktür, artık yalnızca yük taşıyan bir eleman değil; formu üreten, optimize eden ve yönlendiren aktif bir parametreye dönüşmüştür. Bu durum, mimari formun keyfi estetik tercihlerden ziyade, ölçülebilir ve simüle edilebilir kriterler üzerinden oluşmasına olanak tanımaktadır.

Uyarlanabilir sistemler ile kinetik mimari ürünü elde edilmesi yapı yapma kültüründe mekansal farklılaşmayı gündeme getirmektedir. Carpo (2013)'nün vurguladığı varyasyon ve süreklilik kavramları, dijital dönemin yapı örneklerinde somutlaşmış bir ifade halinde karşımıza çıkmaktadır. Çalışma kapsamında incelenen The Shed ve DFAB House örnekleri, endüstri döneminin seri üretim mantığından sıyrılarak, "seri özelleştirme" yaklaşımı göstermektedir. Dijital dönemin eş zamanlı gelişen tasarım-yapım-üretim mantığı, önemli ölçüde disiplinler arası bilgi ve iş birliği becerisi gerektirmektedir.

Menges (2016)'in "malzeme hesaplaması" kavramı, dijital tasarımın yalnızca geometrik bir araç olmadığını; malzemenin fiziksel davranışlarını tasarım sürecinin merkezine alan yeni bir tektonik anlayış geliştirdiğini göstermektedir. DFAB House'da beton ve ahşabın robotik üretimle birlikte çalışması, bu yaklaşımın somut bir örneğidir.

Dijital tasarım döneminin yapı teknolojilerine kazandırdığı robotik üretim, parametrik ve adaptif tasarımlar, 3D baskı gibi yöntemlerin uygulanmasında birtakım problemlerle karşılaşmaktadır. Uygulama sürecinde uzmanlık gereksinimleri, yüksek maliyet durumları, tasarım ve imalat iletişiminin yeterli düzeyde sağlanamaması gibi etkiler, bu teknolojilerin bugünkü kullanımını sınırlandırmaktadır. Dijital dönem üretiminin yapı yapma kültüründe kalıcı bir tektonik ifade geliştirmesi, bahsedilen sınırlılıkların yanı sıra, malzeme sistemleri ve yapım sürecindeki organizasyonun da eş zamanlı dönüşümüyle gerçekleştirilebilir.

## 6. SONUÇ

Bu çalışma taşıyıcı sistem teknolojilerinin yapı yapma kültüründe yalnızca teknik bir araç olmadığını, aynı zamanda tasarım süreçlerini ve mimari ifadenin kendisini belirleyen bir aktör olduğunu ortaya koymuştur. Geleneksel, endüstriyel ve dijital dönemlere ait olmak üzere, altı örnek yapı üzerinden yapılan karşılaştırmalı analiz, taşıyıcı sistemlerin mimarlık pratiğinde üretim biçimleriyle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Ele alınan dönemler ve örnekler zaman içinde yaşanan bilgi ve teknolojik gelişmelerin sürekli olduğunu, mimari üretimin boyutunu etkilediğini göstermektedir. Günümüzde de gelişmelerin sürekli ve hızlı değişimi, tasarım-yapım sürecinde dijital araçların etkin olarak kullanılması, malzeme üretimindeki teknolojinin etkin kullanılması mimaride yeni üretimlere yol açacaktır.

Taşıyıcı sistem teknolojilerindeki dönüşümün incelenmesinde; kavramsal bir çerçeve sunmanın yanı sıra, performans temelli taşıyıcı sistem tasarımlarının ve dijital üretim tekniklerinin günümüzün mimarlık pratiğindeki önemi açıklanmaktadır. Bu bağlamda çalışma, taşıyıcı sistem teknolojilerindeki dönüşümün mimarlığı yalnızca biçimsel olarak değil, üretim bilgisi ve ifade biçimi olarak da yeniden yapılandırıldığını ortaya koymaktadır. Yaşanan bilgi ve teknolojik gelişmeler yapı yapma kültürünü değiştirmek ve geliştirmek için yeni fırsatlar sunmaktadır.

Çalışmanın bulguları strüktürel bilgi üretiminin, teknoloji ve küreselleşme etkileriyle, disiplinler arası çalışmalar ve hiper-koordinasyon ürününe dönüştüğünü göstermektedir. Yapı üretim mantığı bu etkiler sonucunda tasarımdan yapıya kadar olan tüm süreçlerin eş zamanlı geliştiği bir yaklaşıma evrilmektedir. Bu durum, taşıyıcı sistemlerin mimari form oluşumundaki rolünü birincil konuma getirmektedir.

Yapılan çalışma kapsamında sınırlı sayıda örnek incelenmesi, nitel analiz yönteminin kullanılması ve teknik performanstan ziyade kültürel perspektife odaklanması, çalışmanın sınırlılıkları arasındadır. Bu anlamda bulgular yürütülen nitel analizi yürüten araştırmacı perspektifine göre tartışılmaktadır. Ayrıca sınırlı sayıda temsil yapının ele alınması, tüm dönemlerin yapı üretim kültürünün genellemesini kısıtlamaktadır. Gelecekte yapılacak olan çalışmaların dijital tasarım ve üretim süreçlerinin sürdürülebilirlik, döngüsellik ve yapay zeka destekli tasarım araçlarıyla ilişkisinin incelenmesi önerilmektedir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Yazar Katkısı Beyanı

Yazarlar makale hazırlanmasındaki tüm aşamalarda ortak katkı sağladıklarını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Addis, B. (2006). The crystal palace and its place in structural history. *International Journal of Space Structures*, 21(1), 3–19. <https://doi.org/10.1260/026635106777641199>
- ASAR, H., (2022). Mimari Tasarım Sürecinde Konut, Ev ve Kültür İlişkisi . ULUSLARARASI KONYA SANAT VE MİMARLIK SEMPOZYUMU İKAAS'22, Turkey
- Akgün, Y., Erkarıslan, Ö. E., & Kavuncuoğlu, C. (2022). Tectonics of kinetic architecture: Moving envelope, changing space and the shades of the shed. *Frontiers in Built Environment*, 8, Makale 1006300. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.1006300>
- Berman, C. (2023). The Shed: An intersection of disciplines. *Technology Architecture and Design*, 7(1), 30–34. <https://doi.org/10.1080/24751448.2023.2176133>

- Billington, D. P. (1983). *The tower and the bridge*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/J.CTV23R3GK2>
- Bozkurt Güvenç. (1997). *Kültürün Abcisi* 9.Baskı. Yapı Kredi Yayınları. 9789753637993
- Carpo, M. (2013). *The digital turn in architecture 1992–2012*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118795811>
- Conway, H. M. (1991). *Visible structures* [Doktora tezi, Massachusetts Institute of Technology]. MIT DSpace. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/65205>
- Çakmak, A. (2021). Yapı malzemesinin tarihsel gelişimi ve mimarlığa etkileri. *ATA Planlama ve Tasarım Dergisi*, 5(1), 41–54. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/221/1/012139>
- Devi, P., Abdur Rahman, F., Babu, H. S., & Biju, H. M. (2022). Kinetic buildings in climate-responsive architecture. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 9(8), 500–510. <https://www.irjet.net/archives/V9/i8/IRJET-V9I883.pdf>
- Elizalde, R. R. (2025). *Designing the widest Gothic nave: Structural logic and geometric ingenuity in Girona Cathedral*. <https://doi.org/10.20944/PREPRINTS202505.0371.V1>
- ETH Zürich. (2019). *DFAB HOUSE: Factsheet digital fabrication* [Factsheet/Bilgi formu]. [https://ethz.ch/content/dam/ethz/main/news/eth-news/medienmitteilungen/2019/pdf/190227\\_DFAB/Factsheet\\_Digital\\_Fabrication\\_EN.pdf](https://ethz.ch/content/dam/ethz/main/news/eth-news/medienmitteilungen/2019/pdf/190227_DFAB/Factsheet_Digital_Fabrication_EN.pdf)
- Ewert, C. (1986). *The mosque of Tinmal (Morocco) and some new aspects of Islamic architectural typology*.
- Frampton, K. (1997). Studies in tectonic culture: The poetics of construction in nineteenth and twentieth century architecture. *Technology and Culture*, 38(4). <https://doi.org/10.2307/3106977>
- Friedman, D., & Redondo, G. P. (2012). The New York Crystal Palace: Iron structure without engineering. *Proceedings of the International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions*. <https://www.researchgate.net/publication/335966903>
- Giedion, S. (1948). *Mechanization takes command*. Oxford University Press.
- Graser, K., Kahlert, A., & Hall, D. (2021). DFAB HOUSE: Implications of a building-scale demonstrator for adoption of digital fabrication in AEC. *Construction Management and Economics*, 39(10), 853–873. <https://www.research-collection.ethz.ch/server/api/core/bitstreams/b3fd4599-c28d-4eda-b52e-ec0495dec591/content>
- Hack, N., Dörfler, K., Walzer, A. N., Wangler, T., Mata-Falcón, J., Kumar, N., Buchli, J., Kaufmann, W., Flatt, R. J., Gramazio, F., & Kohler, M. (2020). Structural stay-in-place formwork for robotic in situ fabrication of non-standard concrete structures. *Automation in Construction*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103197>
- Hack, N., Wangler, T., Mata-Falcón, J., Dörfler, K., Kumar, N., Walzer, A. N., Graser, K., Buchli, J., Kaufmann, W., Flatt, R. J., Gramazio, F., & Kohler, M. (2017). *Mesh mould: An on-site, robotically fabricated functional formwork*. <https://www.researchgate.net/publication/314952069>
- Huerta, S. (2001). Mechanics of masonry vaults: The equilibrium approach. *İçinde Historical constructions: Possibilities of numerical and experimental techniques* (ss. 47–69). <https://www.researchgate.net/publication/39424866>
- James, J. (2010). *The Contractors of Chartres forty-five years later*, John James.
- Karimov, N., Sarybaev, M., Kaipnazarov, A., Djumageldiev, N., Reymbaev, R., & Kholdarova, F. (2024). Historical development of construction techniques. *Archives for Technical Sciences*, 2, 36–48. <https://doi.org/10.70102/afts.2024.1631.036>
- Kılınç, G. A. (2024). A review: 7000 years of building structures. *Işık Üniversitesi Sanat, Tasarım ve Mimarlık Dergisi*, 2(1), 81–120. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jada/issue/87840/1522223>
- Kolarevic, B. (2001). Designing and manufacturing architecture in the digital age. *Proceedings of the International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe*, 117–123. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2001.117>
- Kolarevic, B. (2004). Back to the future: Performative architecture. *International Journal of Architectural Computing*, 2(1). <https://doi.org/10.1260/1478077041220205>
- Kurtuluş, M. (2021). *Endüstri devrimi sonrası mimari akımlarda malzeme ve teknoloji kullanımlarının incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi]. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Açık Erişim Sistemi. <https://hdl.handle.net/20.500.14124/1426>
- McCoy, C., & Duffy, T. A. (2022). The deployable tectonic: Mechanization and mobility in architecture. *Architecture, Structures and Construction*, 2(2). <https://doi.org/10.1007/s44150-022-00045-w>

- Menges, A. (2016). Computational material culture. *Architectural Design*, 86(2). <https://doi.org/10.1002/ad.2027>
- Metin, R. Y. (2022). *Yapı yapma kültüründe teknoloji yönetimi* [Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi]. Bursa Uludağ Üniversitesi Açık Erişim Sistemi. <http://hdl.handle.net/11452/24787>
- Örmecioğlu, H. T., Er Akan, A., & Uçar, A. (2013). Çevresel Faktörlerin Geleneksel Yapım Sistemleri Üzerindeki Etkisi: Anadolu Örneği. *Akdeniz Sanat*, 6(11). <https://izlik.org/JA69AY66AB>
- Salvadori, M. (1980). *Why buildings stand up: The strength of architecture*. W. W. Norton.
- Schoenefeldt, H. (2008). The Crystal Palace, environmentally considered. *arq: Architectural Research Quarterly*, 12(3-4), 283–294. [https://www.academia.edu/3266044/The\\_Crystal\\_Palace\\_environmentally\\_considered](https://www.academia.edu/3266044/The_Crystal_Palace_environmentally_considered)
- Sekler, E. F. (1965). Structure, Construction, Tectonics. *Structure in Art and Science*. London: Studio Vista.
- Sennet, R. (2008). *The Craftman*. Yale University Press (Vol. 1, pp. 1–326). Yale University Press.
- Streit, J. (2013). *Monumental austerity: The meanings and aesthetic development of Almohad Friday mosques*. <https://hdl.handle.net/1813/34025>
- Tavares, V., Calheiros, C. S. C., Martins, I. B., Maia, J., Tsikaloudaki, K., Fonseca, M., Marchesi, M., Laban, M., Soares, N., Santos, P., Pineda-Martos, R., Rajčić, V., & Ungureanu, V. (2025). Modularity and prefabrication. *Springer Tracts in Civil Engineering*, 215–256. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-73490-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-73490-8_8)
- Vatan, M. (2017). Evolution of Construction Systems: Cultural Effects On Traditional Structures and Their Reflection On Modern Building Construction. In G. Koç, M. Claes, & B. Christiansen (Eds.), *Cultural Influences on Architecture* (pp. 35-57). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-1744-3.ch002>
- Wangler, T., Lloret, E., Reiter, L., Hack, N., Gramazio, F., Kohler, M., Dillenburger, B., Buchli, J., Roussel, N., & Flatt, R. (2016). Digital concrete: Opportunities and challenges. *RILEM Technical Letters*, 1, 67–75. <https://doi.org/10.21809/RILEMTECHLETT.2016.16>

#### URL

1. Baan, I. (2019). *The Shed* [Fotoğraf]. ArchDaily. [https://images.adsttc.com/media/images/5cab/f89b/284d/d1c3/9900/005f/slideshow/01\\_The\\_Shed\\_Photo\\_aphy\\_by\\_Iwan\\_Baan.jpg](https://images.adsttc.com/media/images/5cab/f89b/284d/d1c3/9900/005f/slideshow/01_The_Shed_Photo_aphy_by_Iwan_Baan.jpg)
2. Chartres Cathedral. (1979). *Dimensions* [Fotoğraf]. François Delauney / Ville de Chartres. Google Arts & Culture. <https://artsandculture.google.com/asset/dimensions-0017/NQExPQ7Y-EZUA>
3. Heritage. (t.y.). *Under the Iron Bridge view* [Fotoğraf]. English Heritage. <https://www.english-heritage.org.uk/siteassets/home/visit/places-to-visit/iron-bridge/gallery/undertheironbridgeview.jpg>
4. Dehio, G., & von Bezold, G. (1901). *Cross section of Chartres Cathedral* [Çizim]. Images of Medieval Art and Architecture. <https://www.medart.pitt.edu/medart/image/france/france-a-to-c/chartres/de382ch2.jpg>
5. ETH Zürich. (2019). *DFAB House opening – event view* [Fotoğraf]. ETH Zürich News. [https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2019/02/opening-dfab-house/jcr\\_content/news\\_content/slideshow\\_904695889/images/image-3.imageformat.slideshow.899786105.png](https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2019/02/opening-dfab-house/jcr_content/news_content/slideshow_904695889/images/image-3.imageformat.slideshow.899786105.png)
6. Lebourgeois, E. (2021, September 28). *Tinmal Mosque interior* [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20210928\\_151046EX\\_Mosqu%C3%A9\\_de\\_Tinmal\\_\(51630598147\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20210928_151046EX_Mosqu%C3%A9_de_Tinmal_(51630598147).jpg)
7. Museums London. (t.y.). *Crystal Palace Museum* [Fotoğraf]. Museums London. <https://www.museumslondon.org/img/the-crystal-palace-museum-320x308@2x.jpg>