

## TÜRKİYE'DEKİ YAPILARIN TAŞIYICI SİSTEM ANALİZİ VE TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ <sup>1</sup>

### THE STRUCTURE ANALYSIS OF BUILDINGS IN TURKEY AND SELECTION OF THE STRUCTURE

*Esra BOSTANCIOĞLU*

*İstanbul Kültür Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul / Türkiye*

*ORCID ID: 0000-0001-8434-5468*

**Öz: Amaç:** Taşıyıcı sistemler; maliyet, yapım süresi, yangın dayanımı, yaşam döngüsü, bakım onarım sıklığı ve çevreye olan etkileri gibi pek çok parametre ile değerlendirilmektedir. Taşıyıcı sistemler; yığma, çelik iskelet, ahşap iskelet, betonarme iskelet, kompozit ve prefabrik sistemler olarak incelenmiştir. Bu çalışma; Türkiye'deki mevcut yapı stoğunu analiz edip, mevcut yapıları taşıyıcı sistem kararları açısından değerlendirmeyi amaçlamıştır. **Yöntem:** Taşıyıcı sistem türlerinin literatürde yer alan çalışmaların sonuçlarına dayanarak değerlendirmesinin ardından, taşıyıcı sistem seçim kararı için değerlendirme kriterleri belirlenmiştir ve Türkiye'deki mevcut stoğu taşıyıcı sistem türleri kullanımı açısından istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Tasarım evresinde taşıyıcı sistem kararını veren mimarlara anket hazırlanmıştır. Anketi cevaplayanlar taşıyıcı sistemler ile seçim kriterlerini değerlendirmişlerdir. Anket sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiştir. **Bulgular:** Betonarme iskelet sistemler, Türkiye'de çok büyük bir oranda tercih edilmektedir. 2018 yılı itibarıyla, Türkiye'deki mevcut yapıların taşıyıcı sistemlerine göre sayısal olarak dağılımı incelendiğinde, betonarme iskelet sistemin %93.31 oranında tercih edildiği görülmektedir. Türkiye'deki 2009-2018 yılları arasındaki süreç değerlendirildiğinde, betonarme iskelet sistemin son 10 yıl içinde toplam taşıyıcı sistem türleri içindeki oranı %89'un altına inmemiştir. Anket çalışması sonucunda ise çelik iskelet sistemler en çok tercih edilen taşıyıcı sistem olmuştur. **Sonuç:** Farklı taşıyıcı sistemlerin farklı açılardan üstünlükleri bulunmasına rağmen, betonarme iskelet dışındaki sistemlerin Türkiye'de bu kadar az oranda tercih edilmesi düşündürücüdür. Taşıyıcı sistemler çeşitli açılardan değerlendirilerek, taşıyıcı sistem seçiminde doğru karar verilmesine katkı sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Taşıyıcı Sistem, Betonarme İskelet Sistem, Çelik İskelet Sistem, Kompozit Sistem, Prefabrik Sistem

**Abstract:** Aim Building structures are assessed with several parameters such as cost, construction time, fire resistance, life cycle, maintenance and repair frequency, and environmental impacts. Building structures are reviewed as masonry, steel framed, wood framed, reinforced concrete framed, composite and prefabricated structures. This study aims to analyze the existing building stock of Turkey and assess the existing buildings in terms of their structural system decisions. **Method:** Following the comparative assessment of the types of structures based on literature review, assessment criteria for the selection of structural system are determined and a statistical analysis of the existing building stock in Turkey has been made in terms of the use of different structures. A questionnaire was prepared for the architects who decided the structural system in the design phase. Respondents evaluate the structural systems and selection criteria. Statistical analysis is made with the results of the survey. **Findings:** There is a clear preference for reinforced concrete framed structures in Turkey. A quantitative assessment of the structural systems in the existing buildings in Turkey by 2018 shows that 93.13% of the building stock has reinforced concrete framed. Looking at the individual years in the 2009 to 2018 period, the rate of preference of using reinforced concrete framed structures never went below 89% among all types of structures, but steel framed structure is the most preferred structural system at the end of the survey. **Conclusion:** It is thought-provoking that although different structures have different comparative advantages, structures other than reinforced concrete framed are preferred so little. The findings will contribute to making the right decision in building structure with the assessment of different structures in different aspects.

**Keywords:** Building Structure, Reinforced Concrete Framed Structure, Steel Framed Structure, Composite Structure, Prefabricated Structure

*Doi: 10.17365/TMD.2021.TURKEY.23.01*

- (1) **Sorumlu Yazar - Corresponding Author:** *Esra BOSTANCIOĞLU, (Prof. Dr., Professor, Dr.), Kültür Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul / Türkiye, ebostancioglu@iku.edu.tr, Geliş Tarihi / Received: 22.02.2021, Kabul Tarihi / Accepted: 30.08.2021, Makalenin Türü: Type of Article (Araştırma – Uygulama / Research -Application), Çıkar Çatışması / Conflict of Interest: Yok / None, Etik Kurul Raporu / Ethics Committee: Var / Yes (İstanbul Kültür Üniversitesi Etik Kurul Sayı: 2021.23 Tarih: 30.03.2021 bilgileri ile izinleri alınmıştır.)*



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yıl: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

## GİRİŞ

Yapı tasarımı; inşaat, makina, elektrik, elektronik mühendislikleri, peyzaj mimarlığı, iç mimarlık, yapı üretimi yüklenicisi, yapı denetimi gibi çeşitli bilgi alanlarının mimari tasarım projesini hazırlayan mimar ile birlikte çalıştığı süreç haline gelmiştir. Tasarım sürecinde; her bir disiplinin kendine özgü tasarımlarının yanı sıra, her bir disiplinin aldığı kararlar diğer disiplinlerin tasarımını da etkilemektedir (İnan ve Yıldırım, 2009: 584). Taşıyıcı sistem projesi inşaat mühendisleri tarafından hazırlanmasına rağmen, taşıyıcı sistem seçim kararı tasarım sırasında verilmesi gereken bir karardır. Taşıyıcı sistem tasarımı, mimari tasarımı da etkilemektedir.

Bir taşıyıcı sistemin değerlendirilmesinde; maliyet, yapım süresi, yangın dayanımı, ömrü, bakım onarım sıklığı ve çevreye olan etkileri gibi pek çok kriterin göz önüne alınması gerekmektedir. Farklı taşıyıcı sistemler farklı özellikler taşımaktadır. Bazıları yük taşıma kapasitelerinden dolayı çok katlı yapılarda kullanılamamaktadır, bazılarının yapım süresi daha kısadır, bazıları geri dönüşümlü olup çevreye etkisi daha azdır. Dolayısı ile pek çok açıdan değerlendirilmeleri mümkündür.

Taşıyıcı sistem seçimi, taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması ve değerlendirilmesine yönelik olarak mevcut literatür taranmıştır. Makaleler üzerinden tarama yapılarak ilgili kaynaklar değerlendirilmiştir. Balali, Zahraie, Roozbahani bina taşıyıcı sistem seçimi için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve PROMETHEE karar destek sistemlerini karşılaştırmıştır. Bu yöntemler, İran'da az katlı bir konut projesinin taşıyıcı sistem seçimine uygulanmıştır. Yöntemlerin uygulanmasında; taşıyıcı sistem alternatifleri olarak hafif çelik, 3 boyutlu panel, yalıtımlı beton kalıp, tünel kalıp, Tronco sistemleri; değerlendirme kriterleri olarak da maliyet, yapım kolaylığı, enerji tasarrufu, ölü yükler, kat adedi, yaşam dönemi süresi kriterleri esas alınmıştır (Balali ve diğ., 2014: 149-159). Abdul Kadir, Lee, Jaafar, Sapuan and Ali geleneksel ve endüstrileşmiş bina sistemlerinin yapım performansını karşılaştırmıştır. Çalışmada Malezya'da gerçekleştirilen anket sonuçları değerlendirilmiştir (Abdul Kadir ve diğ., 2006: 412-424). Deshpande, Patil ve Ratan yüksek yapılarda kullanılan diyafram ve geleneksel taşıyıcı sistemleri analiz edip karşılaştırmışlardır (Deshpande ve diğ., 2015: 2295-2300). Sümer, biri tünel kalıp diğeri perdeli-çerçeve iki yapıyı 3, 5, 7, 10 katlı şekilde tasarlayarak dinamik analizler yapmış ve iki farklı taşıyıcı sistemi karşılaştırılan deplasmanlar ile yapım ekonomikliği açısından karşılaştırmıştır (Sümer, 2003: 43-50). Dağılgan, Güven ve Arun, geniş açıklık geçebilen sistemleri inceleyerek, bu sistemlerin seçimindeki ölçütleri ortaya koyarak değerlendirmişlerdir. Ölçütleri; kullanım yeri,



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yılı: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

prefabrikasyona uygunluk, akustik etki, tesisat için uygunluk, doğal aydınlatma imkanı, geçilen açıklığa göre sistem kesiti, birleşim detayları, yangın direnci, çevresel etkilere dayanım, sistem üretim enerjisi, işçilik ve iş makinesi gereksinimi, imalat ve montaj süreci, kullanım ömrü, sökülüp taşınabilme ve geri dönüşüm imkanı olarak belirlemiştir (Dağılgan ve diğ., 2020: 78-90). Koman ve Kaya, yaptığı çalışmada inşa edilebilirlik sistemi ile bir konut projesini değerlendirirken, bir değerlendirme başlığı da taşıyıcı sistemdir. Taşıyıcı sistem inşa edilebilir tasarım puanı, taşıyıcı sistem elemanlarının kapladığı alanın yüzdesi ve işgücü tasarruf endeksi değerleri ile belirlenmektedir (Koman ve Kaya, 2020: 135-150).

Son yıllarda taşıyıcı sistemleri çevresel performans ve sürdürülebilirlik açısından değerlendiren çalışmalar karşımıza çıkmaktadır. Zhou ve Azar, taşıyıcı sistemlerin şantiyedeki inşaat sürecinde çevresel değerlendirmesi için enerji tüketimini ve karbon emisyonlarını hesaplayan BIM tabanlı bir yaklaşım sunmuştur (Zhou ve Azar, 2019: 2-14). Mavrokapnidis, Mitropoulou ve Lagaros, yüksek binalarda kullanılan çelik ve betonarme taşıyıcı sistemlerin çevresel performansı üzerindeki etkisini, yapı malzemelerinin içerdiği enerji ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını hesaplayarak incelemiştir (Mavrokapnidis ve diğ., 2019: 100730). Usefi, Sharafi, Mortazavi, Ronagh

ve Samali hafif çelik yapı endüstrisindeki hibrit soğuk şekillendirilmiş çelik sistemleri; sürdürülebilirlik, yapısal performans, maliyet ve sosyal etkiler açısından değerlendirerek, sıradan moment dirençli çerçeveler ile karşılaştırmaktadır (Usefi ve diğ., (2021): 101895).

Yapılan literatür değerlendirmesinde, gerek tezlerde gerekse makalelerde “Taşıyıcı Sistem Seçimi” başlığı tarandığında, elde edilen çalışmaların bazıları taşıyıcı elemanların seçimine ve boyutlandırılmasına ilişkin yayınlardır. Taşıyıcı sistem seçim ve karşılaştırılmasına ilişkin yayınlarda, sınırlı sayıda sistem birlikte ele alınarak çeşitli kriterler açısından değerlendirilerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Yayınların bazılarında ise, sadece bir performans kriteri açısından birkaç taşıyıcı sistemin değerlendirilmesine rastlanmaktadır. Tüm taşıyıcı sistemleri bütün performans kriterleri açısından değerlendiren çalışmaya rastlanmadığı için, çalışma kapsamında tasarımcılara taşıyıcı sistem seçiminde yardımcı olmak amacıyla tüm taşıyıcı sistemlerin bütün performans kriterleri açısından değerlendirilmesinin sunulması hedeflenmiştir.

## AMAÇ

Türkiye’deki mevcut yapı stoğu analiz edildiğinde, taşıyıcı sistemler içinde betonarme iskelet sistemin çok büyük oranda kullanıldığı görülmektedir. 10 yıllık sürecin analizi



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yıl: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

sonucunda, kullanım oranının %89'un altına inmediği belirlenmiştir. Bazı taşıyıcı sistem türleri çok katlı yapı yapımına izin vermese de, kat adetleri bazında yapılan analizlerde de az katlı yapılarda bile bu oranın tek katlı yapılar hariç %90'ların üzerinde olduğu görülmüştür. Tek katlı yapılarda da %58 gibi bir oranla birinci sırada yer almaktadır. Betonarme iskelet sistem dışındaki diğer sistemlerin de, pek çok açıdan üstün yönleri bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı Türkiye'deki mevcut yapı stoğunu analiz edip, taşıyıcı sistemleri farklı performans kriterleri açısından değerlendirmektir. Taşıyıcı sistem türlerinin farklı performans kriterleri açısından üstün yönlerini ortaya koyarak karar vericilerin taşıyıcı sistem seçimi konusunda doğru karar almalarına yardımcı olunması amaçlanmıştır.

## KAPSAM

Çalışma kapsamında taşıyıcı sistemlerin çeşitli açılardan değerlendirilmesine katkı sağlamak amacı ile; yapı tasarımını gerçekleştirirken taşıyıcı sistem kararını da veren mimarların, taşıyıcı sistem seçim kararını etkileyen değerlendirme kriterlerini ve taşıyıcı sistemleri farklı değerlendirme kriterleri açısından değerlendirmeleri sağlanarak, taşıyıcı sistemler konusundaki değerlendirmeleri gözler önüne serilmiştir. Konu ile ilgili mevcut çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda, taşıyıcı sistem türleri ve taşıyıcı sistemlerin değerlendirme kriterleri belirlenmiş

ve tasarımcıların taşıyıcı sistemleri değerlendirilmesi için düzenlenen anketin alt yapısını oluşturulmuştur. Anket sonuçlarının değerlendirilmesi sonucunda, tasarım ekibinin en önemli üyesi mimarların taşıyıcı sistemler ile ilgili değerlendirmeleri ortaya konmuştur. Aynı zamanda, Türkiye'deki mevcut durum analiz edilerek, taşıyıcı sistem türlerinin kullanılma durumu belirlenerek mevcut durumun sorgulaması yapılmıştır.

## ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Öncelikle, taşıyıcı sistem türlerinin özelliklerinin belirlenmesine ve farklı taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılmasına yönelik olarak yapılan çalışmalar taranarak, konu ile ilgili literatür değerlendirilmesi yapılmıştır. Literatür değerlendirmesi sonucunda, taşıyıcı sistem türleri; üretim süresi, deprem dayanımı, geri dönüşüm, maliyet, tasarım esnekliği, kat adedine izin verme durumu gibi özelliklerine göre değerlendirilmiş ve üstün oldukları yönler belirlenmiştir. Taşıyıcı sistem türlerinin ekonomik açısından değerlendirilmesine yönelik olarak 2018 yılında yapılan alan çalışmasının sonuçları da değerlendirmede kullanılmıştır.

Taşıyıcı sistem türlerinin literatürde yer alan çalışmalar ve alan çalışması sonuçlarına dayanarak değerlendirmesinin ardından, Türkiye'deki mevcut yapı stoğu taşıyıcı sistem türleri kullanımını açısından istatistiksel olarak





MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yıl: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

değerlendirilmiştir. Türkiye’deki mevcut yapılar; 2009-2018 yılları arasındaki 10 yıllık süreç içinde taşıyıcı sistem türlerine göre dağılımları, kat adetlerine göre kullanılan taşıyıcı sistemler açısından değerlendirilmiştir.

Karar vericilere taşıyıcı sistem kararı verirken kullanabilecekleri değerlendirme kriterlerini belirlemek için de literatürdeki çalışmaların değerlendirilmesinden yararlanılmıştır. Mimarların taşıyıcı sistem seçim kararını etkileyen değerlendirme kriterlerini ve taşıyıcı sistemleri farklı değerlendirme kriterleri açısından önem derecelerine göre değerlendirmelerini sağlamak üzere bir anket düzenlenerek mimarlara uygulanmış ve sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

### ARAŞTIRMANIN KISITLARI

Türkiye’deki yapı stoğu, Türkiye İstatistik Kurumu’nun verilerinde; yığma, çelik iskelet, ahşap iskelet, betonarme iskelet, kompozit ve prefabrik başlıkları altında incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında da, taşıyıcı sistemler bu başlıklar altında değerlendirilmiştir. Türkiye’deki mevcut yapıların taşıyıcı sistem türlerine göre istatistiksel olarak değerlendirmesinde, Türkiye İstatistik Kurumu’nun (TÜİK) yapı kullanma izin belgelerine göre yapı sayılarına ilişkin değerleri göz önünde tutulmuştur. Mimarlara uygulanan anket çalışmasında; taşıyıcı sistem kararını etkileyen değerlendirme kriterleri literatür araştırması

sonucu, kriterler açısından değerlendirilecek taşıyıcı sistem alternatifleri de TÜİK’in verilerinde esas aldığı sınıflandırma üzerinden belirlenmiştir.

### ARAŞTIRMANIN PROBLEMİ

Taşıyıcı sistem seçimi kararı tasarım aşamasında verilmesi gereken bir karardır. Farklı taşıyıcı sistem türlerinin kendi içinde farklı açılardan üstün oldukları yönler bulunmaktadır. Ülkemizin etkin deprem kuşağında yer alması sebebiyle, taşıyıcı sistemlerin deprem davranışlarındaki faydalarından da yararlanılması gerekmektedir. Mimarların mimari tasarım kararlarını da etkileyen taşıyıcı sistem kararını verirken, taşıyıcı sistemlerin özelliklerini göz önüne alarak doğru sistemi seçmeleri önemlidir. Oysa ki, Türkiye’de betonarme iskelet sistemin büyük ölçüdeki kullanım üstünlüğü göze çarpmaktadır. Diğer sistem türlerinin de üstün olduğu pek çok yön olmasına rağmen Türkiye’deki kullanımlarının çok sınırlı olduğu açıktır.

### ARAŞTIRMANIN ALT PROBLEMLERİ

Türkiye’deki mevcut taşıyıcı sistem türlerinin kullanımına ilişkin dağılımının belirlenmesi ve bu doğrultuda öneriler sunulması; sektörde çalışan kişilerin konu ile ilgili bilgilendirilmesini sağlayarak, farklı alternatiflere yönelmelerini sağlayacaktır.



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yılı: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

## ARAŞTIRMANIN HİPOTEZLERİ

Türkiye’de taşıyıcı sistem seçiminde çok büyük oranda betonarme iskelet sistemlerin tercih edildiği görülmektedir. Diğer taşıyıcı sistemlerin bazı özellikler açısından betonarme iskelet sistemlerden daha üstün olduğu tasarımcılar tarafından bilinmesine rağmen, taşıyıcı sistem tercihi betonarme iskelet sistemler yönündedir. Taşıyıcı sistem kararları alınırken diğer taşıyıcı sistem türlerinin üstün olduğu yönler göz ardı edilerek, kullanım alışkanlıklarından dolayı betonarme iskelet sistemler tercih edilmektedir.

## KURAMSAL ÇERÇEVE

Yığma kargir sistemler; taş, tuğla, briket, ahşap, kerpiç ve y tong gibi çok çeşitli ve nispeten küçük yapı malzemesinin üst üste yerleştirilerek, kendi ağırlıkları ile veya bir bağlayıcı/yapıştırıcı malzeme ile taşıyıcı duvar oluşturdukları sistemlere denilmektedir. Oluşturulan taşıyıcı duvarlar, üzerilerine gelen yükleri, temel aracılığı ile zemine aktarırlar. Temel, üzerinde taşıyıcı duvar olduğu yerde sürekli olmak zorundadır. Yığma kargir sistemlerde, taşıyıcı olan bölme ve dış duvarlarda yönetmeliklerin belirlediği oran ve yerlerde kapı, pencere gibi boşluklar bırakılabilmekte; duvarlar, çekme kuvvetine dayanan hatıl denilen yatay ve düşey olarak oluşturulan elemanlarla bağlanmaktadır. Yığma yapılarda duvarların taşıyıcı işlevleri de bulunmaktadır. Yığma sistemler, özellikle ge-

leneksel mimaride pek çok yapıda karşımıza çıkmaktadır. Türkiye’nin pek çok bölgesinde, taş kullanılarak inşa edilmiş pek çok yığma yapıya rastlanmak mümkündür. Tarih boyunca insanoğlu tarafından yapılan yapılarda taşıma gücünün yüksekliği nedeniyle taş kullanılmıştır. Ancak zaman içinde basınç altında deformasyon, genleşme çatlakları, çirçiklenme, yapılan alt ve üst yapı çalışmalarının zemin üzerindeki etkisinden kaynaklanan bozulmalar taş yığma yapıların zarar görmesine ve yok olmasına sebep olmaktadır (İpekçi ve Aydın, 2017: 99-100)

Betonarme ve çelik iskelet sistemler; yapıların maruz kaldığı dinamik ve statik yüklerin kolon, kiriş gibi taşıyıcı elemanlarla karşılandığı ve düşey yüklerin temel sistemine kolonlar aracılığı ile aktarıldığı sistemlerdir. Tüm duvarlar sadece kendi yüklerini taşımakta ve yüklerini hangi katta olursa olsun oturdukları döşemeye vermektedirler. Bu sistemlerde, duvarlar taşıyıcı olmadıklarından (betonarme iskelet sistemlerdeki perde duvarlar hariç), hangi katta olursa olsun yer değiştirebilmekte veya kaldırılabilirler, bu nedenle mekanların kullanımında esneklik sağlamaktadır. Betonarme ve çelik iskelet sistemlerde taşıyıcı sistem elemanları yığma sistemlere nazaran döşemede az yer kaplamakta, iç mekan kullanımında ve cephe tasarımında esneklik sağlamaktadır.



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yıl: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

Çeliğin narin yapı elemanları ile kullanılması, hafif olması ve geniş açıklık geçilebilmesi gibi birtakım avantajlı yönleri olmasına rağmen, yangın dayanımı açısından zayıftır. Bu zayıf yönün ortadan kaldırılması amacıyla, 1960'lı yıllardan itibaren beton ve çeliğin birlikte kullanıldığı yapılar ortaya çıkmıştır. Dubai'deki 828 metre yükseklikteki Burj Khalifa Binası ve Amerika'da başlayıp tüm dünyaya yayılan yüksek yapılar bu yöntemle gerçekleştirilmiştir (Pakdamar ve Okbaz, 2018: 86). Kompozit sistemler, ülkemiz koşullarında kolay bulunabilen ve inşaat uygulamalarında sık kullanılan malzemeleri kullanmaktadır. Örneğin kolonlar; beton içerisine gömülü çelik elemanlar, içine beton doldurulan kapalı kutu çelik kesitler ve gövde boşlukları betonla doldurulan yapısal çelik kesitler şeklinde olmaktadır. Çelik kolon ve kirişler, duvarlar arasına rahatlıkla gizlenebildiği için, mekanların iç duvarlarında bozuk köşeler oluşturmamakta ve yangın yalıtımı çelik elemanlara göre daha kolay ve ucuz yapılabilmektedir. Bu yapılarda en önemli nokta, yapının birden fazla bileşenden oluşmasından dolayı bileşenlerin birleştirilme gerekliliği, yangın dayanımının sağlanması ve uzun kullanım süresine sahip olmasıdır (İnce ve diğ., 2015: 43-44).

Ahşap iskelet sistemler, tek boyutlu ahşap bileşenlerin taşıyıcılık görevini üstlendiği sistemlerdir. Ahşap iskelet yapılar özde bir iskelet sistemdir. Dikmeler arasında kalan

boşluklar kerpiç, tuğla, gazbeton gibi bir bileşenle doldurulmaktadır. Oluşturulan duvarlar üzerine sıva yapılabilen veya ahşap latalarla dikmelerin dışa bakan yüzeyleri kaplanarak dış etkenlere karşı istenen yalıtım ve koruma sağlanmaktadır (Türkçü, 2004: 173).

Fabrikasyon şeklinde fabrika ve atölyelerde üretilen yapı elemanlarının şantiyede biraraya getirilip birleştirilmesi ile yapılan yapı üretimine prefabrike yapıım sistemi denir. Betonarme prefabrike iskelet sistemler; tek katlı geniş açıklıklı ve çok katlı yapılarda kullanılmaktadır. Her iki üretim biçiminde de, taşıyıcı sistem bütünü, eleman ve birleşim düzeyinde uygulanan çözümler ve sorunlar farklılaşmaktadır. Taşıyıcı sistem; kolon, kiriş ve çerçeve elemanlarından oluşmaktadır. Bu sistemde duvarlar; bölücü, gerektiği durumlarda ise rijitleştirici eleman konumundadır (Gönül ve Demirel, 2003: 169).

Literatürde taşıyıcı sistemlerin farklı açılardan değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur. Doğangün betonarme yapıları; yığma, ahşap ve çelik yapılarla karşılaştırarak üstün ve zayıf yönlerini belirlemiştir. (Doğangün, 2012: 5-8). Wright ve MacGregor, betonarme taşıyıcı sistemin seçimini etkileyen faktörleri belirlerken; yığma, ahşap ve çelik yapılarla karşılaştırmışlardır (Wright ve MacGregor, 2012: 24-25). Betonarme iskelet taşıyıcı sistemin diğerlerinden ekonomik olması, rijitliğinin fazla olması, yangın dayanımının fazla olması, bakımının



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yılı: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

kolay olması, elemanlara istenilen şeklin verilmesi, dış etkenlere karşı dayanıklı olması, elemanların birleşme sorununun olması, işçi bulmanın kolay olması gibi avantajları bulunmaktadır (Doğangün, 2012: 5-6), (Wright ve MacGregor, 2012: 24-25). Ağır olması, kaliteyi yakalamanın güç olması, kusurların sonradan belirlenmesinin ve güçlendirmesinin zor olması, geri dönüşümünün olmaması, üretim süresinin uzun olması, kalıp maliyetinin fazla olması ve çatlaklar oluşabilmesi de diğer sistemlere göre dezavantajlı yönleridir (Doğangün, 2012: 6-8).

İnce, İnce ve Kaya; kompozit yapı sistemlerini betonarme yapı sistemleri ile karşılaştırmıştır. Kompozit yapılar, betonarme yapılara göre çok daha hafiftir ve bu özelliğinden dolayı herhangi bir depremde daha az deprem yükü ile daha az yapısal hasar oluşacaktır. Kompozit yapılar yüksek duktilite özelliğinden dolayı, deprem kuvvetlerine karşı daha sünek davranış göstermektedir. Taşıyıcı sistem atölye ortamında hazırlandığı için, daha yüksek kalite kontrolü sağlanmaktadır. İki farklı malzemenin birbirine bağlanmasıyla elde edilen kompozit elemanların birleşim ara yüz başarısı, sonuç elemanın davranışını etkilemektedir. Bu birleşimlerdeki hasarlar mukavemet düşüşlerine neden olmaktadır. Yüksek yapılar, kompozit sistemlerin yüksek süneklik özelliği sayesinde daha az maliyetle gerçekleştirilebilmektedir. Türkiye’de kompozit yapı sistemlerinin çok az kullanılması

masının sebepleri; çelik yapı teknolojisinin yeterince yaygınlaşmamış olmasından dolayı bu işi yapacak kalifiye ekip ve kuruluşların az olması, buna bağlı olarak üretimin pahalı olması, Türkiye’de kompozit yapı sistemlerinin tasarım ve yapımına yönelik mühendisleri yönlendirebilecek standart ve yönetmelik sayısının oldukça az olmasıdır (İnce ve diğ., 2015: 46). Eren, çeliğin mimari yapılara katkılarını ve tercih edilme nedenlerini mimari açıdan, taşıyıcı sistem açısından, uygulama açısından ve kullanım açısından değerlendirmiştir. Taşıyıcı sistem açısından; hafiflik, sağlamlık ve güvenilirlik, depreme dayanımlarının yüksek olması avantajlarına sahiptir. Mimari açıdan, şeffalık, hafiflik, serbest formların oluşturulabilmesi, büyük açıklıkların geçilmesi, mekandan tasarruf sağlama ve esneklik; uygulama açısından hassas üretim, kolay denetim, üretim süresinin kısa olması nedenleriyle tercih edilmektedir. Kullanım açısından avantajları ise; yaşam kalitesini ve konforunu geliştirmesi ile sürdürülebilir- geri dönüşümlü olmasıdır. Yangın sırasında oluşan yüksek sıcaklık derecelerinde mukavemetinde çok hızlı düşüş görülmesi, korozyon özelliğinden dolayı sürekli bakım gerektirmesi, ses ve ısı açısından çok iyi bir iletken olmasından dolayı gerektirdiği izolasyon maliyetleri de dezavantajlı yönleridir (Eren, 2007: 3-16). Prefabrikte sistemler, bileşenlerinin kolay standardize edilmesi, kısa sürede üretim ve ön yatırım maliyetinin azlığı





MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yılı: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

ğ ı üstünlüklerinden dolayı tercih edilmektedir. Ülkemizde sanayi yapılarının üretiminde %70 gibi yüksek bir uygulama oranına sahiptir (Demirel ve Ulukavak, 1998: 12-16) Prefabrik yapıların inşa süresinin kısa olması ve mevsimsel koşullardan etkilenmemesi, üretimdeki süreklilik ve tekrar sayesinde uzmanlaşma sağlanması, etkin kalite kontrolü, fabrikada yapılan üretimde sağlanan yüksek beton dayanımı, malzeme zaiyatının azalması, seri üretim sırasında aynı kalıptan daha fazla yararlanılması nedeniyle kalıp maliyetinin az olması avantajlı yönleridir. Dezavantajlı yönleri ise; üretilen eleman boyutlarının standartlaşmasının tasarıma getirdiği sınırlama, prefabrik elemanların yapı yerine taşınmasının getirdiği maliyetler, şantiyede montaj sırasında elemanların kaldırılması için gereken ekipman maliyetleri, özellikle deprem bölgelerinde elemanların birleşim yerlerinde daha gelişmiş yöntemlere ihtiyaç duyulmasıdır. Lam, Chan, Wong ve Wong; Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemini kullanarak, inşa edilebilirlik faktörlerinin ve yapım sistemlerinin yapılabirlik açısından öncelik değerlendirmesini yapmışlardır. Hong Kong'da daha iyi bir performansı daha kolay elde edebilmek ve yoğun kent yerleşimlerindeki güvenli yapım için en uygun yapım sistemini prefabrik sistem olarak belirlemişlerdir (Lam ve diğ., 2007: 36). Prefabrik yapım, modüler üretimi ve yapımı beraberinde getirmektedir. Generalova, Generalov, Kuznetsova; modüler ya-

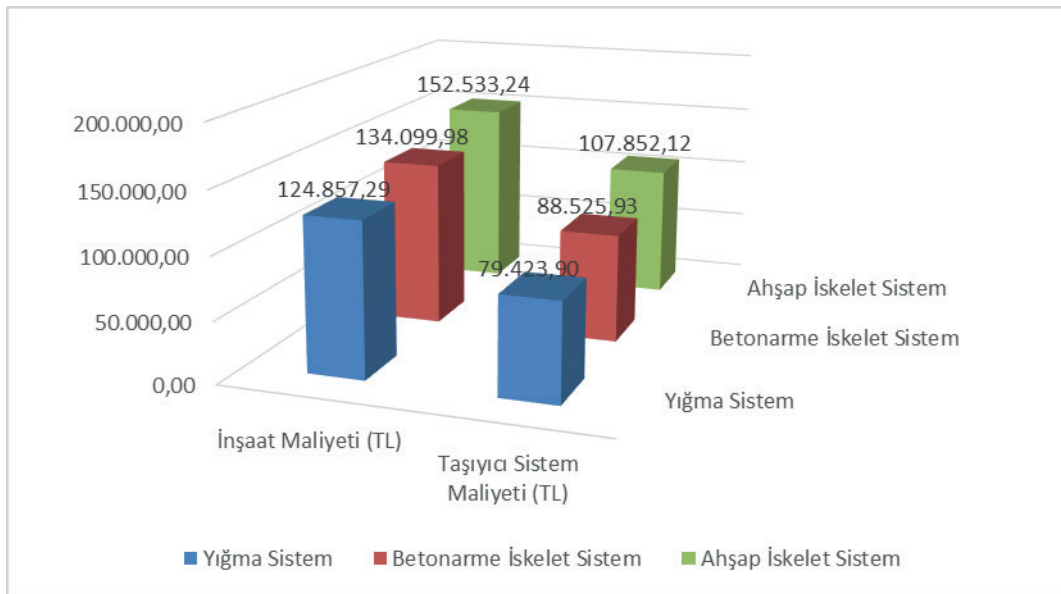
pımın proje tasarım ve mühendislik süresini kısaltma, maliyeti azaltma ve üretkenliği artırma potansiyeli olduğunu belirtmiştir. Araştırmalarında satın alınabilir, konforlu ve çevre dostu konutlar için modern modüler yapım sistemlerinin geliştirilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır. Modüler prefabrik ünitelerin sadece alçak katlı yapılarda değil, çok katlı ve yüksek yapılarda da kullanımını da sunmuştur (Genelova ve diğ., 2016: 167-172). Kamali ve Hewage yaptıkları araştırmada, modüler yapımın diğerlerine göre enerji performansı açısından daha iyi yaşam dönemi performansı gösterdiği sonucuna varmıştır (Kamali ve Hewage, 2016: 1171-1183).

2018 yılında yapılan çalışmada (Bostancıoğlu, 2018: 385-394) farklı taşıyıcı sistemler ekonomik açıdan karşılaştırılmıştır. Farklı taşıyıcı sistem alternatiflerinin kullanılacağı bir yapı örnek olarak seçilmiştir. Mevcut yapılar içinde en çok tercih edilen kat adedi olduğu ve bütün taşıyıcı sistem alternatifleri ile inşa edilebildiği için, değerlendirilecek yapı iki katlı olarak tasarlanmıştır. İki katlı bir konut binasının farklı taşıyıcı sistemler ile inşa edilmesi durumunda ekonomik açıdan oluşan farklılıklar değerlendirilmiştir. Çalışmada, toplam alanı 148 m<sup>2</sup> olan, iki katlı, dört tarafı açık olarak ayrık nizamda inşa edilen bir konut binası örnek olarak seçilmiştir. Örnek yapının yığma kargir, betonarme iskelet ve ahşap iskelet sistemler ile projeleri hazırlanmıştır. Yapılan projelerde, taşıyıcı sistem

dışındaki tüm özellikler sabit tutulmuştur. Hazırlanan projeler üzerinden gerekli ölçümler yapılarak metrajlar hazırlanmış, ve sonrasında inşaat ve taşıyıcı sistem maliyetleri Türk Lirası olarak hesaplanmıştır. Maliyetlerin belirlenmesinde, 2017 yılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatları<sup>1</sup> kullanılmıştır.

Şekil 1’de görüldüğü gibi, üç farklı taşıyıcı sistem ile inşa edilecek konut binalarının inşaat maliyetleri karşılaştırıldığında; yığma sistemin en ekonomik alternatif olduğu görülmektedir. Ancak, betonarme iskelet ile yığma sistemlerin inşaat maliyetlerinin birbirine yakın değerler gösterdiği görülmektedir. Betonarme iskelet sistemin inşaat maliyetinin yığma sistemden %7.40, ahşap iskelet siste-

min % 22.17 daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 1’de, üç farklı taşıyıcı sistem ile inşa edilecek yapıların taşıyıcı sistem maliyetleri karşılaştırıldığında, en az taşıyıcı sistem maliyetinin yığma sisteme ait olduğu görülmektedir. Betonarme iskelet sistemin taşıyıcı sistem maliyetinin yığma sistemden %11.46, ahşap iskelet sistemin % 35.79 daha fazla olduğu görülmektedir. Üç taşıyıcı sistem içinde, ahşap iskelet sistem en yüksek taşıyıcı sistem maliyetine sahiptir. Yapılan örnek çalışmada, seçilen yapıların taşıyıcı sistem dışında bütün özellikleri aynı kabul edildiği için; inşaat maliyetlerindeki farklılaşmaların taşıyıcı sistem maliyetlerinden kaynaklandığı görülmüştür. (Bostancıoğlu, 2018: 385-394).



Şekil 1. Yığma, Betonarme, Ahşap İskelet Sistemlere Ait İnşaat ve Taşıyıcı Sistem Maliyetleri

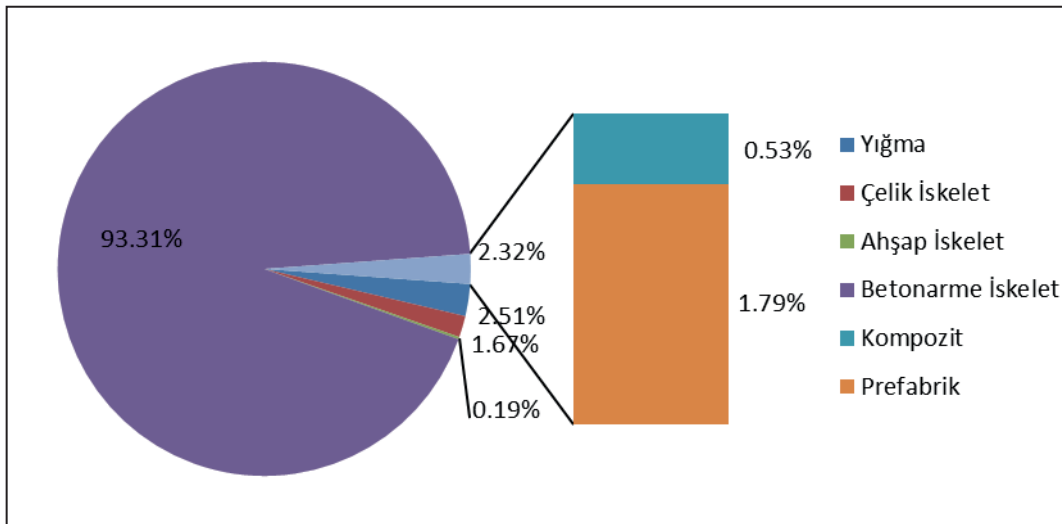
1 <https://birimfiyat.csb.gov.tr>

## BULGULAR

2018 yılı itibarıyla, Türkiye'deki mevcut yapıların taşıyıcı sistemlerine göre sayısal olarak dağılımı incelendiğinde, betonarme iskelet sistemin %93.31 gibi çok büyük oranda tercih edildiği görülmektedir. Tablo 1, Tablo 2 ve Şekil 2'de görüldüğü gibi, 2018 yılı itibarıyla mevcut yapılarda yığma sistem %2.51, çelik iskelet sistem %1.67, prefabrike sistem %1.79, kompozit sistem %0.53 ve ahşap iskelet sistem %0.19 oranında kullanılmıştır.

Türkiye'deki mevcut yapı sayısı 2009-2018 yılları arasındaki 10 yıllık süreç içinde, 2010 ve 2015'de önemli düşüş göstermiş, 2010'dan sonra 2011'de ve 2012'den sonra 2013'te önemli artışlar gözlenmiştir. 2015'ten sonra

ise, 2018'e kadar olan 4 yıllık süreçte hızlı olmasa da doğrusal bir artış görülmektedir. Mevcut yapıların 10 yıllık süreç içinde %89.09 ile %94.02 arasında ortalama %91.48 gibi çok büyük bir oranını kapsayan betonarme iskelet yapılar da, tüm yapılarla yaklaşık aynı artış ve azalış eğilimini göstermektedir. Yığma yapı sayısında 2015'ten itibaren hızlı bir düşüş gözlenmekte, yığma yapıların toplam içindeki %5.5- 6.0 dolayında olan oranları son iki yılda %2.50'lere düşmektedir. Buna karşılık çelik iskelet ve prefabrik yapı sayılarında yıllara bağlı olarak artış, kompozit yapılarda ise 2013-2018 yılları arasında azalma gözlenmektedir (Tablo 1, Tablo 2, Şekil 3).



Şekil 2. Türkiye'deki Taşıyıcı Sistemlerin Dağılımı (2018)

Kaynak: TÜİK<sup>2</sup>

2 <https://biruni.tuik.gov.tr/yapiizin>



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yıl: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

**Tablo 1. 2009-2018 Yılları Arasında Türkiye’deki Mevcut Taşıyıcı Sistem Sayıları**

Kaynak: TUİK<sup>3</sup>

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Yığma	5,213	5,454	5,845	5,216	5,848	5,426	3,805	3,288	2,892	3,115
Çelik İskelet	1,074	1,375	1,125	1,453	1,785	2,263	1,818	2,100	1,564	2,072
Ahşap İskelet	220	242	220	196	212	330	174	212	188	237
Betonarme İskelet	85,779	73,355	89,433	86,241	109,847	113,087	101,559	103,341	110,442	115,913
Kompozit	1,330	411	515	820	1,619	1,521	972	743	557	658
Prefabrik	1,156	1,294	1,201	1,837	1,622	1,883	1,876	1,699	1,822	2,228
TOPLAM	94,772	82,131	98,339	95,763	120,933	124,510	110,204	111,383	117,465	124,223

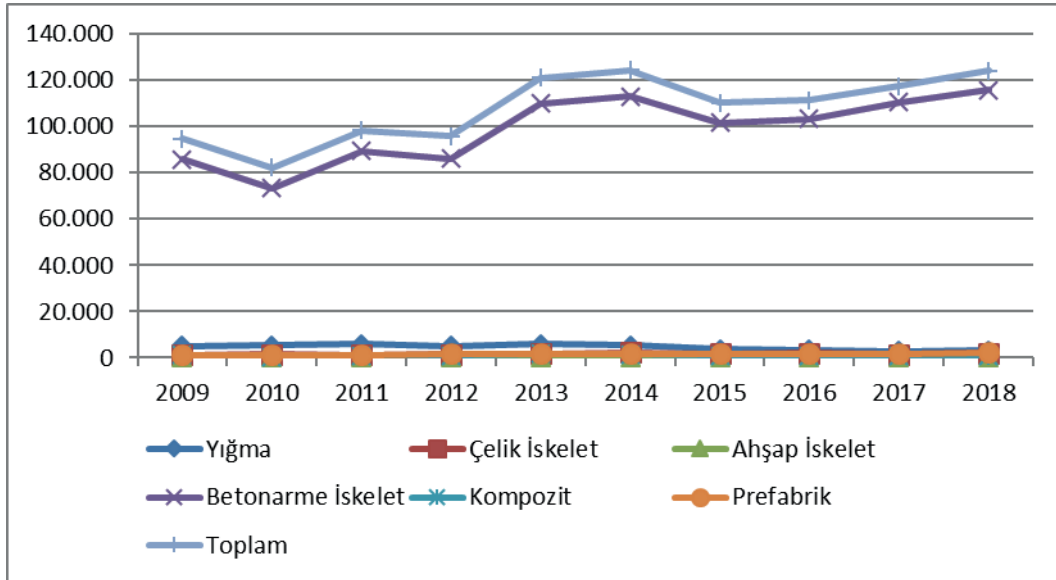
**Tablo 2. Türkiye’deki Taşıyıcı Sistemlerin Yıllara Göre Yüzdelerik Dağılımı (Yapı Sayısı Bazında) Kaynak: TUİK<sup>4</sup>**

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Yığma	%5.50	%6.64	%5.94	%5.45	%4.84	%4.36	%3.45	%2.95	%2.46	%2.51
Çelik İskelet	%1.13	%1.67	%1.14	%1.52	%1.48	%1.82	%1.65	%1.89	%1.33	%1.67
Ahşap İskelet	%0.23	%0.29	%0.22	%0.20	%0.18	%0.27	%0.16	%0.19	%0.16	%0.19
Betonarme İskelet	%90.51	%89.31	%90.94	%90.06	%90.83	%90.83	%92.16	%92.78	%94.02	%93.31
Kompozit	%1.40	%0.50	%0.52	%0.86	%1.34	%1.22	%0.88	%0.67	%0.47	%0.53
Prefabrik	%1.22	%1.58	%1.22	%1.92	%1.34	%1.51	%1.70	%1.53	%1.55	%1.79

<sup>3</sup> <https://biruni.tuik.gov.tr/yapiizin>

<sup>4</sup> <https://biruni.tuik.gov.tr/yapiizin>





Şekil 3. 2009-2018 Yılları Arasında Türkiye'deki Mevcut Taşıyıcı Sistem Sayıları

### Kaynak: TÜİK<sup>5</sup>

Yığma ve ahşap iskelet sistemler yük taşıma özellikleri açısından çok katlı yapılarda kullanılamamaktadır. Mevcut istatistiklere baktığımızda, çelik iskelet ve kompozit sistemlerin de Türkiye'de çok katlı yapılarda çok fazla tercih edilmediği görülmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun yapı kullanma izin belgelerine göre yapı sayılarına ilişkin değerleri kat adetlerine göre kullanılan taşı-

yıcı sistemler açısından da analiz edilmiştir. Tablo 3'te görüldüğü üzere 2018 yılı itibarıyla, Türkiye'deki mevcut yapıların kat adetlerine göre sayısal olarak dağılımı incelendiğinde; %10.09'unun tek katlı, %18.57'sinin 2 katlı %17.84'ünün 3 katlı, %14.69'unun 4 katlı, %15.77'sinin 5 katlı, %10.96'sının 6 katlı, %5.00'inin 7 katlı, %1.85'inin 8 katlı, %1.40'ının 9 katlı ve %3.85'inin 10 ve daha fazla katlı inşa edildiği görülmektedir. Mevcut yapıların %46.49'unun 1 ile 3 kat arasında inşa edildiği göze çarpmaktadır.

5 <https://biruni.tuik.gov.tr/yapiizin>



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yıl: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

**Tablo 3. Türkiye’deki Mevcut Taşıyıcı Sistemlerin Kat Adetlerine Göre Dağılımı  
(2018) Kaynak: TÜİK<sup>6</sup>**

	1 Katlı	2 Katlı	3 Katlı	4 Katlı	5 Katlı	6 Katlı	7 Katlı	8 Katlı	9 Katlı	10+ Katlı	TOPLAM
Yığma	1,359	1,415	338	2	1	-	-	-	-	-	3,115
Çelik İskelet	1,738	243	65	10	5	6	3	2	-	-	2,072
Ahşap İskelet	97	106	30	4	-	-	-	-	-	-	237
Betonarme İskelet	7,269	20,778	21,550	18,189	19,555	13,582	6,204	2,284	1,733	4,769	115,913
Kompozit	316	153	72	41	23	21	9	6	2	15	658
Prefabrik	1,755	372	101	-	-	-	-	-	-	-	2,228
<b>TOPLAM</b>	<b>12,534</b>	<b>23,067</b>	<b>22,156</b>	<b>18,246</b>	<b>19,584</b>	<b>13,609</b>	<b>6,216</b>	<b>2,292</b>	<b>1,735</b>	<b>4,784</b>	<b>124,223</b>

2018 yılı itibarıyla, Türkiye’deki mevcut yapıların kat adetlerine göre sayısal dağılımı incelendiğinde, en fazla iki katlı yapıların inşa edildiği görülmektedir. 2 katlı yapılarda da, betonarme iskelet sisteminin %90.08 gibi çok büyük oranda tercih edildiği görülmektedir. Mevcut 2 katlı yapılarda yığma sistem %6.13,

çelik iskelet sistem %1.05, prefabrike sistem %1.61, kompozit sistem %0.66 ve ahşap iskelet sistem %0.46 oranında kullanılmıştır. 2 katlı yapılarda da betonarme iskelet sisteminin önemli ölçüde üstünlüğü görülmektedir (Tablo 4).<sup>6</sup>

<sup>6</sup> <https://biruni.tuik.gov.tr/yapiizin>

Tablo 4. Türkiye’de Farklı Kat Adetleri Bazında Taşıyıcı Sistemlerin Yüzdelerik Dağılımı (2018) Kaynak: TUİK<sup>7</sup>

	1 Kath	2 Kath	3 Kath	4 Kath	5 Kath	6 Kath	7 Kath	8 Kath	9 Kath	10+ Kath
Yığma	%10.84	%6.13	%1.53	%0.01	%0.01	-	-	-	-	-
Çelik İskelet	%13.87	%1.05	%0.29	%0.05	%0.03	%0.04	%0.05	%0.09	-	-
Ahşap İskelet	%0.77	%0.46	%0.14	%0.02	-	-	-	-	-	-
Betonarme İskelet	%57.99	%90.08	%97.26	%99.69	%99.85	%99.80	%99.81	%99.65	%99.88	%99.69
Kompozit	%2.52	%0.66	%0.32	%0.22	%0.12	%0.15	%0.14	%0.26	%0.12	%0.31
Prefabrik	%14.00	%1.61	%0.46	-	-	-	-	-	-	-
TOPLAM	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100

Türkiye İstatistik Kurumu’nun yapı kullanma izin belgelerine göre yapı sayılarına ilişkin değerlerinin analizi sonucunda, Türkiye’de betonarme iskelet sistemin önemli ölçüdeki üstünlüğü açıktır. Literatürde taşıyıcı sistemleri farklı açılardan değerlendiren çalışmalar incelendiğinde, her bir taşıyıcı sistemin avantajlı ve dezavantajlı yönleri olduğu görülmektedir. Karar vericinin amaçları doğrultusunda, taşıyıcı sistem seçimi yaparken değerlendirme kriterlerini analiz ederek karar vermesi durumunda seçeceği sistem daha rasyonel olacaktır.

Literatürde taşıyıcı sistemleri farklı açılardan karşılaştıran çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda, Şekil 4’te görüldüğü üzere taşıyıcı sistem seçim kararını etkileyen değerlendirme kriterleri; maliyet, yapım süresi, geri dönüşüm (çevreye olan etkisi), yangın

dayanımı, serbest formlara izin vermesi, yüksek yapı yapımına izin vermesi, geniş açıklık geçilebilmesi, şeffaflık, hafiflik, esneklik (kullanım değişikliklerine imkan verme), kullanım ömrü, bakım onarım kolaylığı, işçi bulma kolaylığı, ekipman maliyetleri, standart ve yönetmelik sayısı, elemanların birleşme sorunu, etkin kalite kontrolü sağlanması olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında; yapı tasarımını gerçekleştiren taşıyıcı sistem kararını da veren mimarların, taşıyıcı sistem seçim kararını etkileyen değerlendirme kriterlerini ve taşıyıcı sistemleri farklı değerlendirme kriterleri açısından değerlendirmelerini sağlamak için Mimarlık Lisans programlarından mezun olmuş, çalışmış veya çalışmakta olan yaklaşık 21 kişiye anket uygulanmıştır. Anket kapsamında, anketi cevaplayanlardan literatür araştırması sonucu belirlenen ve 17 başlık altında topla-

7 <https://biruni.tuik.gov.tr/yapiizin>

nan taşıyıcı sistem kararını etkileyen değerlendirme kriterlerinin her birini önem derecelerine göre değerlendirilmeleri istenmiştir. Aynı zamanda, her bir değerlendirme kriteri

açısından taşıyıcı sistemleri önem derecelerine göre değerlendirmeleri istenmiştir.



Şekil 4. Taşıyıcı Sistem Seçim Kararı İçin Değerlendirme Kriterleri





MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yılı: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

Önem derecelerinin belirlenmesinde Tablo 5'te görülen Thomas L. Saaty'nin 1-9 ölçeği (AHP değerlendirme ölçeği) (Saaty, 2008)

esas alınmıştır. 1 en düşük, 9 en yüksek önem derecesini ifade etmektedir.

**Tablo 5. 1-9 Puanlı Tercih Ölçeği (Saaty, 2008)**

Önem Derecesi	Önem İçin Dilsel Ölçek
1	Az Önemli
3	Orta Derecede Önemli
5	Güçlü Derecede Önemli
7	Çok Güçlü Derecede Önemli
9	Son Derece Önemli

Anket kapsamında, 21 mimar taşıyıcı sistem seçim kararını etkileyen değerlendirme kriterlerini 1 ile 9 puan arasında önem derecesine göre değerlendirmişlerdir. Mimarların taşıyıcı sistem seçim kararını etkileyen değerlendirme kriterlerine önem derecesine göre verdiği puanların ağırlıklı ortalamaları alındıktan sonra, ağırlıklı ortalama değerleri normalize edilerek değerlendirme kriterlerinin öncelikleri yüzdelik olarak belirlenmiştir (Tablo 6 ve Tablo 7). Aynı şekilde, taşıyıcı sistemleri farklı değerlendirme kriterleri açısından 1 ile 9 puan arasında önem derecesine göre değerlendirmişlerdir. Her bir değerlendirme kriteri açısından taşıyıcı sistemlere önem derecesine

göre verilen puanların ağırlıklı ortalamaları alındıktan sonra (Tablo 6), ağırlıklı ortalama değerleri normalize edilerek (Tablo 7) her bir değerlendirme kriteri açısından taşıyıcı sistemlerin öncelikleri yüzdelik olarak belirlenmiştir. Son olarak; her bir değerlendirme kriteri için yüzdelik olarak belirlenen öncelik değerleri, o kriter için belirlenen taşıyıcı sistemlerin her biri için yüzdelik olarak belirlenen öncelik değerleri ile çarpılarak, elde edilen değerler her bir taşıyıcı sistem için toplanmıştır. Böylece değerlendirmeyi yapan mimarlar için her bir taşıyıcı sistemin yüzdelik olarak öncelikleri belirlenmiştir.



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yıl: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

**Tablo 6. Anket Sonuçlarına Göre Değerlendirme Kriterleri ve Değerlendirme Kriterleri Açısından Taşyıcı Sistemlerin Değerlendirilmesi (Ağırlıklı Ortalama Değerleri)**

	Maliyet	Yapım Süresi	Geri Dönüşüm	Yangın Dayanımı	Serbest Formlara İzin	Yüksek Yapı Yapımına İzin	Geniş Açıklık Geçebilmesi	Şeffaflık	Hafiflik
	7.905	6.350	6.000	7.000	6.143	5.905	6.381	5.286	5.952
<b>Yığma</b>	6.048	4.667	5.190	6.952	3.429	2.857	2.950	3.619	3.714
<b>Betonarme İskelet</b>	7.190	6.095	5.000	7.238	6.810	7.714	6.750	6.000	4.429
<b>Ahşap İskelet</b>	6.000	5.905	7.333	4.286	5.571	4.048	5.050	5.048	7.048
<b>Çelik İskelet</b>	7.476	7.381	6.714	6.143	7.810	8.714	8.800	8.000	6.810
<b>Kompozit</b>	6.810	6.667	5.952	6.000	6.476	7.524	7.150	6.571	5.571
<b>Prefabrik</b>	6.238	7.952	7.000	5.714	5.381	4.048	5.700	5.238	6.810
<b>Toplam</b>	39.762	38.667	37.190	36.333	35.476	34.905	36.400	34.476	34.381
	Esneklik	Kullanım Ömrü	Bakım Onarım Kolaylığı	İşçi Bulma Kolaylığı	Ekipman Maliyetleri	Standart ve Yönetmelik S.	Elemanların Birleşme S.	Etkin Kalite Kontrolü	Toplam
	6.619	7.952	7.571	6.714	6.714	6.857	6.857	7.048	113.255
<b>Yığma</b>	3.333	7.143	6.238	7.143	5.762	4.905	5.857	5.238	
<b>Betonarme İskelet</b>	6.190	7.381	6.429	7.905	6.048	8.143	6.190	7.619	
<b>Ahşap İskelet</b>	5.333	6.381	6.238	6.000	7.000	5.952	7.095	5.714	
<b>Çelik İskelet</b>	7.714	8.143	6.952	6.476	6.143	7.857	7.524	7.476	
<b>Kompozit</b>	6.429	7.238	6.048	5.381	5.524	6.095	6.571	6.810	
<b>Prefabrik</b>	5.429	5.714	6.000	6.333	5.714	5.476	5.048	7.381	
<b>Toplam</b>	34.429	42.000	37.905	39.238	36.190	38.429	38.286	40.238	

**Tablo 7. Anket Sonuçlarına Göre Değerlendirme Kriterleri ve Değerlendirme Kriterleri Açısından Taşıyıcı Sistemlerin Değerlendirilmesi (Normalizasyon Değerleri)**

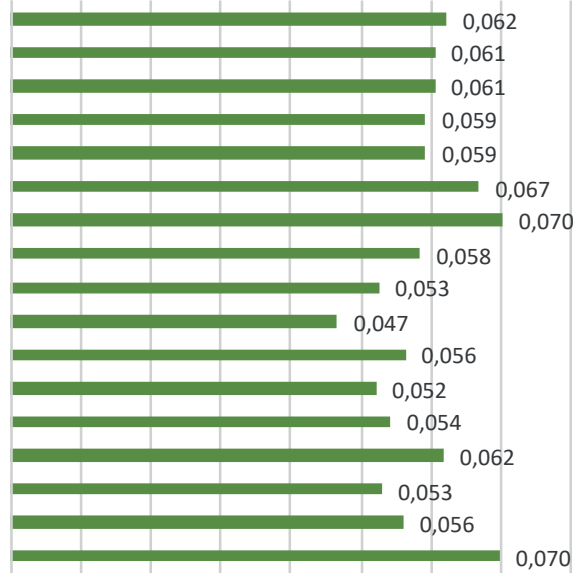
	Maliyet	Yapım Süresi	Geri Dönüşüm	Yangın Dayanımı	Serbest Formlara İzin	Yüksek Yapı Yapımına İzin	Geniş Açıklık Geçebilmesi	Şeffaflık	Hafiflik
	0.070	0.056	0.053	0.062	0.054	0.052	0.056	0.047	0.053
<b>Yığma</b>	0.152	0.121	0.140	0.191	0.097	0.082	0.081	0.105	0.108
<b>Betonarme İskelet</b>	0.181	0.158	0.134	0.199	0.192	0.221	0.185	0.174	0.129
<b>Ahşap İskelet</b>	0.151	0.153	0.197	0.118	0.157	0.116	0.139	0.146	0.205
<b>Çelik İskelet</b>	0.188	0.191	0.181	0.169	0.220	0.250	0.242	0.232	0.198
<b>Kompozit</b>	0.171	0.172	0.160	0.165	0.183	0.216	0.196	0.191	0.162
<b>Prefabrik</b>	0.157	0.206	0.188	0.157	0.152	0.116	0.157	0.152	0.198
<b>Toplam</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	Esneklik	Kullanım Ömrü	Bakım Onarım Kolaylığı	İşçi Bulma Kolaylığı	Ekipman Maliyetleri	Standart ve Yönetmelik S.	Elemanların Birleşme S.	Etkin Kalite Kontrolü	Toplam
	0.058	0.070	0.067	0.059	0.059	0.061	0.061	0.062	1.000
<b>Yığma</b>	0.097	0.170	0.165	0.182	0.159	0.128	0.153	0.130	
<b>Betonarme İskelet</b>	0.180	0.176	0.170	0.201	0.167	0.212	0.162	0.189	
<b>Ahşap İskelet</b>	0.155	0.152	0.165	0.153	0.193	0.155	0.185	0.142	
<b>Çelik İskelet</b>	0.224	0.194	0.183	0.165	0.170	0.204	0.197	0.186	
<b>Kompozit</b>	0.187	0.172	0.160	0.137	0.153	0.159	0.172	0.169	
<b>Prefabrik</b>	0.158	0.136	0.158	0.161	0.158	0.143	0.132	0.183	
<b>Toplam</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Tablo 7 ve Şekil 7’de görüldüğü üzere, ankete katılan 21 mimarın 17 değerlendirme kriterini değerlendirmesi sonucunda; en önemli kriterler maliyet ve kullanım süresi olarak belirlenirken, en önemsiz kriter şeffaflık olmuştur.

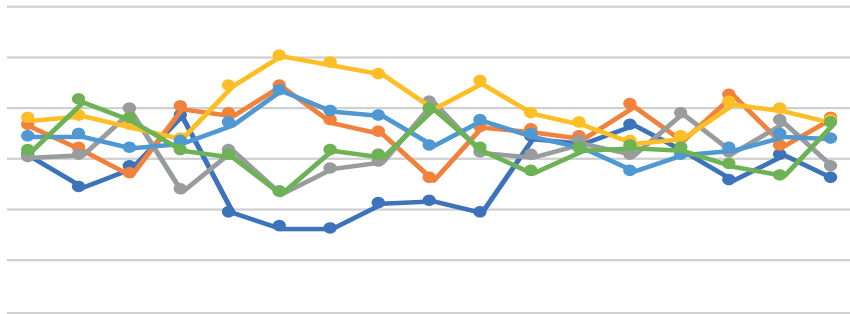
Tablo 7 ve Şekil 8’de ankete katılan mimarların taşıyıcı sistemleri seçim kararı değerlendirme kriterleri açısından değerlendirmesi görülmektedir. İşçi bulma kolaylığı, standart ve yönetmelik sayısı, yangın dayanımı ile et-

kin kalite kontrolü açısından betonarme iskelet sistem en iyi sistem olarak belirlenirken; geri dönüşüm, ekipman maliyeti ve hafiflik açısından ahşap iskelet sistem; yapım süresi açısından ise prefabrik sistem en iyi sistem olmuştur. Diğer kriterler açısından çelik iskelet sistem en iyi sistem olmuştur. Bütün de-

ğerlendirmeler sonucu yapılan hesaplamada; Şekil 9’da da görüldüğü üzere; ankete katılan mimarların çelik iskelet sistemi en üstün sistem olarak düşündüğü ortaya çıkmıştır. Çelik iskelet sistemi betonarme iskelet sistem izlemektedir.

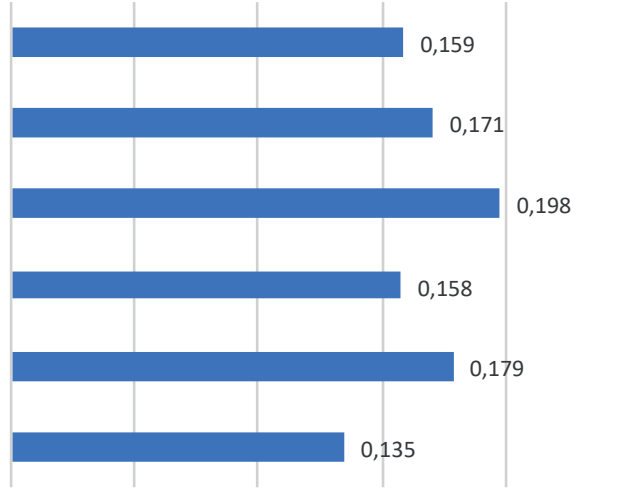


Şekil 7. Taşıyıcı Sistem Seçim Kararı İçin Değerlendirme Kriterlerinin Öncelikleri



Şekil 8. Taşıyıcı Sistemlerin Seçim Kararı Değerlendirme Kriterleri Açısından Öncelikleri





Şekil 9. Anket Sonuçlarına Göre Taşıyıcı Sistemlerin Öncelikleri

## TARTIŞMA

Farklı taşıyıcı sistemler değerlendirildiğinde, yığma sistemin karşılaştığımız diğer sistemlere göre daha ağır bir sistem olması, uzun sürede üretiminin gerçekleşmesi, boşluk açmada birtakım sınırlarının olması, saydam cepheler yapamama ve çok katlı yapı inşa edememe gibi birtakım dezavantajlı yönleri bulunmaktadır. Aynı zamanda duvarların taşıyıcı olduğu bir sistem olduğu için, duvar kalınlıkları artmakta, aynı alanlı bir yapıda taşıyıcı sisteme ait elemanlar daha fazla yer kaplamakta ve faydalı alan azalmaktadır. Geri dönüşümü de olmayan sistemlerdir. Ankete katılan mimarların en az tercih ettiği sistem yığma sistem olmuştur. Esnek olmaması ve serbest formlara izin vermemesi özellikleri açısından dezavantajlı görmektedirler. Kompozit ve

ahşap iskelet sistemler Türkiye’de çok az tercih edilen taşıyıcı sistemlerdir. Ankete katılan mimarların, istatistiklerdeki kullanım oranına rağmen kompozit sistemleri betonarme iskelet sistemlere yakın bir oranda tercih edilebilir görmesi düşündürücüdür. Ahşap iskelet sistemler; ekonomik açıdan pahalı sistemler olmasına rağmen, doğal bir malzeme ile inşa edilmelerinden dolayı çevreye olan etkileri diğer sistemlere göre daha azdır, üretimi kısa sürede gerçekleştirilebilmektedir ve ahşabın ısı yalıtım değeri oldukça üstündür. Ahşap iskelet sistemler geri dönüşümlüdür. Ancak, yangın dayanımı diğer sistemlere göre azdır ve daha sık bakım onarım gerektirmektedir. Ankete katılanlar, ahşap iskelet sistemleri geri dönüşüm ve hafiflik açısından diğer sistemlerden üstün görmesine rağmen Türkiye’deki kullanım oranı oldukça düşüktür. Çelik ve



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yıl: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

kompozit sistemlerin deprem davranışlarında betonarme sisteme göre üstün olması ve yapı ağırlıklarının düşük olması nedeniyle taşıma gücü düşük zeminlerde daha ekonomik olarak yapılması avantajları bulunmaktadır (İnce ve diğ., 2015: 46; Eren, 2007: 7-8). Çelik, kompozit ve prefabrik sistemlerin üretim süresi betonarme ve yığma sistemden kısadır (İnce ve diğ., 2015: 46; Eren, 2007: 11; Demirel ve Ulukavak, 1998: 12-16).

Betonarme iskelet sistemler, Türkiye’de çok büyük bir oranda tercih edilmektedir. 10 yıl içinde toplam yapılar içindeki oranı %89’un altına inmemiştir. Çok katlı yapı yapılmasına imkan sağlayan yığma sistemlere göre hafif, çelik ve ahşap iskelet ile kompozit sistemlere göre ağır sistemlerdir. Kapı ve pencere boşluğu açmada sınırlar bulunmamakta, dış duvarlarda ve iç duvarlarda istenilen boşluklar açılabilen, duvarlar tamamen kaldırılabilen, yığma sisteme göre daha esnek tasarımlar uygulanabilmektedir. Betonarme konusunda yetişmiş teknik işgücünün yüksek olması nedeni ile, uygulanabilirlik açısından diğer sistemlerden üstündür (Doğangün, 2012: 6). Türkiye’de çelik yapı teknolojisinin yeterince yaygınlaşmamış olmasından dolayı bu işi yapacak kalifiye ekip ve kuruluşların sayısı azdır ve buna bağlı olarak üretim pahalı olarak gerçekleştirilmektedir. Türkiye’de kompozit yapı sistemlerinin tasarım ve yapımına yönelik standart ve yönetmelik sayı-

sının da oldukça az olması, sistemin yaygın olarak kullanılmamasına neden olmaktadır (İnce ve diğ., 2015: 46). Yığma ve betonarme iskelet sistemlerin yok edilme sürecince bir moloz yığınıyla karşılaşılmasına rağmen, diğer sistemler geri dönüşümlüdür.

Türkiye’de son 10 yıl içinde toplam yapılar içindeki oranı %89’un altına inmeyen ve en fazla kullanılan betonarme iskelet sistemler, tasarım aşamasında taşıyıcı sistem kararını veren 21 mimara uygulanan anket çalışması sonucunda ikinci sıradaki üstün taşıyıcı sistem olmuştur. Anketi cevaplayan mimarlar çelik iskelet sistemi en üstün sistem olarak düşünmekte ve pek çok kriter açısından çelik iskelet sistemi en üstün sistem olarak görmektedir.

## SONUÇ

Türkiye’deki 2009-2018 yılları arasındaki süreç değerlendirildiğinde, özellikle 2015’ten bugüne yığma yapı sayısında azalma görülmektedir. 2018’de inşa edilen yığma yapı sayısı, 2009’a göre %40 azalma göstermiştir. Ankete katılan mimarlar da yığma sistemleri pek çok değerlendirme kriteri açısından dezavantajlı görerek en az tercih edilebilecek taşıyıcı sistem türü olarak düşünmektedirler. Buna karşılık 2009-2018 yılları arasındaki süreçte çelik iskelet ve prefabrik sistemlerle yapılan yapı sayısında artış gözlenmektedir. 2018’de inşa edilen çelik iskelet ve prefabrik



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yıl: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

yapı sayısı, 2009'a göre %93 artış göstermiştir. Anket katılımcıları çelik iskelet sistemleri pek çok açıdan üstün görerek en fazla tercih edilebilir sistem olarak görmektedirler. Çelik iskelet yapılar; çok katlı yapı tasarımına da olanak sağlayan, duvarlarda boşluk açmada sınırları olmayan, duvarların kaldırılıp daha esnek tasarımlar yapılmasına imkan sağlayan, taşıyıcı elemanları yığma ve betonarme göre daha az yer kaplayan ve geri dönüşümü olan, betonarme ve yığmaya göre kısa sürede üretilen yapılardır. Ancak, Türkiye'de 3 katın üzerindeki yapılarda yok denecek kadar az kullanılması düşündürücüdür. Prefabrik yapılar, modüler yapılardır ve üretim süreleri oldukça kısadır. Kalite kontrolü daha kolay ve etkin olarak sağlanmaktadır. Geri dönüşümlü yapılardır. Modüler olmasından dolayı tasarımda birtakım sınırlamalar getirmesi ve taşıma maliyetlerinin yüksek olması gibi dezavantajları vardır. Çok katlı yapı yapılmasına imkan vermesine rağmen, Türkiye'de çok katlı yapılarda kullanılmadığı göze çarpmaktadır. Ankete katılanlar, yapım süresi açısından diğer sistemlerden daha üstün, hafiflik ve etkin kalite kontrolü açısından oldukça üstün gördükleri prefabrik sistemlerin dördüncü sırada tercih edilebilebilir olduğunu düşünmektedirler.

Türkiye'de çok yüksek oranda kullanılan betonarme iskelet sistemlerin, anket kapsamında değerlendirme yapan mimarlar tarafından

ikinci sırada üstün görülen taşıyıcı sistem olması düşündürücüdür. Anketi cevaplayan mimarlar çelik iskelet sistemin en üstün sistem olduğunu ankete verdikleri değerlerle ifade etmiş ve pek çok kriter açısından çelik iskelet sistemi en üstün sistem olarak görmüştür. Kompozit sistemlerin de, betonarme iskelet sisteme yakın bir oranda tercih edilebilir olduğunu düşünmektedirler. Ankete katılanların diğer sistemlere göre işçi bulma kolaylığı, standart ve yönetmelik sayısı, yangın dayanımı ile etkin kalite kontrolü açısından üstün gördüğü betonarme iskelet sistemler Türkiye'de çok yüksek bir oranda gerçekleştirilmektedir. Elde edilen sonuçlar; tasarım kararını veren mimarların taşıyıcı sistem kararında çok özgür olmadığını, diğer paydaşların da bu kararda etkili olduğunu göstermektedir.

## ÖNERİLER

Farklı taşıyıcı sistemlerin farklı açılardan üstünlükleri bulunmasına rağmen, betonarme iskelet dışındaki sistemlerin Türkiye'de bu kadar az oranda tercih edilmesi düşündürücüdür. Çalışma kapsamında, diğer taşıyıcı sistemlerin üstün yönlerine dikkat çekilerek, geleceğe yönelik olarak betonarme iskelet dışındaki sistemlerin de Türkiye'deki yapı üretimine katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Çalışma kapsamında taşıyıcı sistemler literatürdeki çalışmalardan yararlanılarak çeşitli açılardan değerlendirilmiş; aynı zamanda 21



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yıl: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

tasarımcı mimara çeşitli açılardan değerlendirilerek taşıyıcı sistemlerin farklı performans kriterleri yönünden üstün ve zayıf yönleri gözler önüne serilmiştir. Taşıyıcı sistem seçiminde doğru karar verilmesi amacıyla karar vericilere sunulmuştur. Tasarım sırasında taşıyıcı sistem kararı verilirken, yapının özellikleri ile beklenen performans özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmeli ve en uygun sistem seçilmelidir.

#### KAYNAKÇA

**ABDUL KADIR, M.R., LEE, W.P., JAAFAR, M.S., SAPUAN, S.M., ALI, A.A.A., (2006).** Construction performance comparison between conventional and industrialised building systems in Malaysia, *Structural Survey*, 24(5),412-424

**BALALI, V., ZAHRAIE, B., ROOZBAHANI, A., (2014).** A comparison of AHP and PROMETHEE family decision making methods for selection of building structural system, *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 2(5),149-159. doi: 10.12691/ajcea-2-5-1

**BOSTANCIOGLU, E., (2018).** Evaluation of Different Building Structural Systems: The Case of Turkey, *The Tenth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-10)*, 2-4 July 2018, Colombo, Sri Lanka, ss.385-394

**DAĞILGAN, S., GÜVEN, S.S., ARUN, E.G., (2016).** Geniş açıklık geçen taşıyıcı sistem seçiminde etken ölçütlerin incelenmesi. *Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 39(4),78-90

**DEMİREL, F., ULUKAVAK, G., (1998).** Endüstri Yapıları Üretiminde Kullanılan Prefabrik Betonarme İskelet Sistemler ve Ankara'dan Bir Örnek: ANKAPVC. *Beton Prefabrikasyon*, 48:12-16

**DESHPANDE, R.D., PATIL, S.M., RATAN, S., (2015).** Analysis and comparison of diagrid and conventional structural system, *International Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2(3), 2295-2300

**DOĞANGÜN, A., (2012).** Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı. İstanbul, Türkiye: Birsan Yayınevi, ss.5-8

**EREN, Ö., (2007).** Çelik Yapılar, Tasarım-Konstrüksiyon-Uygulama. İstanbul, Türkiye: Arı Sanat Yayınları, 84, ss.3-16

**GENERALOVA, E., GENERALOV, V., KUZNETSOVA, A., (2016).** Modular buildings in modern construction. *Procedia Engineering*, 153:167-172

**GÖNÜL, H., DEMİREL, F., (2003).** Prefabrik Endüstri Yapıları Üzerine Bir Alan Araştırması: Diyarbakır Birinci Organize Sanayi Bölgesi. Gazi Üniversitesi





MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yılı: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,  
18(1),169-184

**İNAN, N., YILDIRIM, T., (2009).** Mimari Tasarım Sürecinde Disiplinlerarası İlişkiler ve Eşzamanlı – Digital Ortam Tasarım Olanakları. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 24(4),583-595

**İNCE, G., İNCE, H.H., KAYA, F., (2015).** Kompozit Yapı Sistemlerinin İncelenmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(1),43-47

**İPEKÇİ, C.A., AYDIN, E.Ö., (2017).** Yerel Yapı Malzemesi Kaynakları: Kocaeli. Uluslararası Hakemli Tasarım ve Mimarlık Dergisi, 12:98-129

**KAMALI, M., HEWAGE, K., (2016).** Life cycle performance of modular buildings: A critical review. Renewable, and Sustainable Energy Reviews, 62:1171-1183

**KOMAN, İ., KAYA, S., (2020).** Bir konut projesi örneğinde inşa edilebilirlik değerlendirme yöntemlerinin araştırılması, Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi, 5(2),135-150

**MAVROKAPNIDIS, D., MITROPOULOU, C.C., LAGAROS, N.D., (2019).** Environmental assessment of cost optimized structural systems in tall buildings, Journal of Building Engineering, 24: 100730

**LAM, P., CHAN, A., WONG, F., WONG, F., (2007).** Constructability Rankings of Construction Systems Based on the Analytical Hierarchy Process. ASCE Journal of Architectural Engineering, 13(1),36. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0431\(2007\)13:1\(36\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0431(2007)13:1(36))

**PAKDAMAR, F., OKBAZ, F.T., (2018).** Yüksek Yapıların Çevresel Etkileri Bağlamında Yapılabilirliğinin Bulanık Mantıkla Modellenmesi. Uluslararası Hakemli Tasarım ve Mimarlık Dergisi, 15: 85-106. Doi: 10.17365/TMD.2018.3.7

**SAATY, T. L. (2008).** Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences. 1(1),83– 98

**SÜMER, Y., (2003).** Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Optimum Taşıyıcı Sistem Seçimi. SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(3),43-50

**TÜRKÇÜ, Ç., (2004).** Yapım, İlkeler- Malzemeler- Yöntemler- Çözümler. İstanbul, Türkiye: Birsen Yayınevi, ss.173

**USEFI, N., SHARAFI, P., MORTAZAVI, M., RONAGH, H., SAMALİ, B., (2021).** Structural performance and sustainability assessment of hybrid-cold formed modular steel frame, Journal of Building Engineering, 34: 101895



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yıl: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

**WRIGHT, J.K., MACGREGOR, J.G., (2012).**

Reinforced Concrete- Mechanics and Design, Sixth Edition. London, England: Pearson Education Limited, ss.24-25

**ZHOU, H., AZAR, E.R., (2019).** BIM-based energy consumption assessment of the on-site construction of building structural systems, Built Environment Project and Asset Management, 9(1),2-14

**INTERNET KAYNAKLARI**

<https://biruni.tuik.gov.tr/yapiizin>, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) web sayfası (E.T. 15.09.2019)

<https://birimfiyat.csb.gov.tr/>, Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı web sayfası (E.T. 20.01.2018)



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yılı: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

## EXTENDED ABSTRACT

**Introduction:** Structural design has become a process in which civil, mechanical, electrical engineers; interior architects; building materials contractors; and building supervisors work in conjunction with the architect preparing the architectural project design. In the design process, in addition to the separate specific designs of each discipline, the decisions made by each discipline also affect the designs of other disciplines (İnan and Yıldırım, 2009: 584). Although the structural system project is prepared by civil engineers, the decision about which structural system to be chosen should be made at the design stage. The decision about the structural system also affects the architectural design. There are studies in the literature that assess structural design from different perspectives. Dogangun compared reinforced concrete framed structures with wood and steel framed structures. He observed the pros and cons of reinforced concrete framed structures (Dogangun, 2012: 5-8). Wright and MacGregor compared reinforced concrete framed, wood framed, steel framed and masonry structures (Wright and MacGregor, 2012: 24-25). Reinforced concrete systems are more economical than others. Sustainability of material for architectural and structural function, fire resistance, rigidity, low maintenance, availability of materials are the advantages of the reinforced concrete system (Dogangun, 2012: 5-6), (Wright and MacGregor, 2012: 24-25). As reinforced concrete structures are commonly used in Turkey and there is a technical workforce well trained in reinforced concrete, the reinforced concrete structure is more advantageous in terms of practicability compared to the other systems. Disadvantages of the system are; low tensile strength, forms and shoring, relatively low strength per unit of weight and volume, time-dependent volume changes (Wright and MacGregor, 2012: 24-25), high building weight, no recycling, long production time (Dogangun, 2012: 6-8). Ince, Ince, and Kaya compared composite structures with reinforced concrete framed structures. Composite structures are superior to reinforced concrete framed structures in their earthquake response and they may be more cost-effective on soils with a low bearing capacity due to low building weight (İnce et, al., 2015: 46). Eren reviewed the steel structures in terms of architecture, structural system, application, and utilization. Steel framed structures are superior in their earthquake response and have low building weight. They are faster to produce and assemble than reinforced concrete framed. 100% of the steel structures can be recycled. (Eren, 2007: 3-16). Because Turkey is an earthquake-prone country, the advantages of steel framed and composite structures in earthquake response should be reaped. As the assembly of the steel framed structure is faster than the reinforced concrete framed structure, the building



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yılı: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

can start its economic life more swiftly. Prefabricated buildings are mostly preferred in industrial buildings because of their short production time and standardization (Demirel and Ulukavak, 1998: 12-16) The advantages of prefabricated structures were as follows: short construction time, the fact that they can be built in any season, minimal loss in construction materials, easier and more effective quality control, less cost in precast moulds as the same moulds are used several times in mass production, accumulation of expertise thanks to continuous and repeated production, and the ability to ensure the best curing conditions, which is extremely important for concrete strength, in fabrication. The disadvantages were listed as follows: the need for costly pre-investment, high cost of transporting prefabricated elements to the construction site, the need for more sophisticated methods in the joints of separate elements (especially in earthquake zones), and certain architectural limitations. Using the Analytical Hierarchy Process, Lam, Chan, Wong, and Wong ran a priority ranking of constructability factors and structures in terms of feasibility. They identified prefabricated structures as the most appropriate structure to be able to ensure better performance more easily and for safe construction in dense urban settlements in Hong Kong (Lam et, al., 2007: 36). Prefabricated construction comprises modular production and construction. Generalova, Generalov, and Kuznetsova stated that modular construction had the potential to shorten project design and engineering time, reduced costs and improved construction productivity. Their research concluded that modern modular construction systems should be developed for affordable, comfortable, and environmentally friendly housing. They proposed that modular prefabricated units be used not only for tall, high-rise buildings but also for low-rise buildings (Genelova et, al., 2016: 167-172). Kamali and Hewage concluded that modular construction has better life-cycle energy performance than other systems (Kamali and Hewage, 2016: 1171-1183). Bostancioglu compared the construction and structural costs of the masonry, reinforced concrete and steel framed buildings. Masonry had the lowest and wood framed had the highest construction and structural costs (Bostancioglu, 2018: 385-394). **Aim:** There are studies in the literature solely focusing on one structural system or comparing reinforced concrete, steel, and composite structures, especially in high-rise buildings. Reinforced concrete framed structures are very commonly used in Turkey. This research aims to analyse the existing building stock in Turkey and assess structural system decisions. There are many advantages of structures other than the reinforced concrete in many different respects as well. We, therefore, also aim to assess the various characteristics of structures and making the right decision in terms of which structure to select. **Method:** Reviewing the literature, different structures are assessed in terms of lead time, earthquake resilience, recy-



MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yılı: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

cling, cost-effectiveness, design flexibility, and the number of storeys allowed, and their comparative advantages are listed. The results of the case study conducted in 2018 have been used for the economic assessment of different types of structures. Following the comparative assessment of the types of structures based on literature review, assessment criteria for the selection of structural system are determined and a statistical analysis of the existing building stock in Turkey has been made in terms of the use of different structures. The existing building stock in Turkey has been assessed by providing a 10-year breakdown (from 2009 to 2018) of the existing building stock by the type of structures and by the type of structures according to the number of storeys they have. A questionnaire was prepared for the architects who decided the structural system in the design phase. Respondents evaluate the structural systems and selection criteria. Statistical analysis is made with the results of the survey. **Findings and Results:** There is a clear preference for reinforced concrete framed structures in Turkey. A quantitative assessment of the structures in the existing building block in Turkey by 2018 shows that 93.13% of the building stock has reinforced concrete framed structure, 2.51% has masonry structure, 1.87% has steel framed structure, 1.79% has prefabricated structure, 0.53% has composite structure, and 0.19% has wood framed structure. Looking at the individual years in the 2009 to 2018 period, the rate of preference of using reinforced concrete framed structures never went below 89% among all types of structures. There has been a decrease in the number of masonry structures since 2015. By 2018, the number of masonry structures had gone down by 40% compared to 2009. In contrast, the frequency of the use of steel framed structures and prefabricated structures are observed to be on the rise. The number of steel framed and prefabricated structures built in 2018 rose by 93% compared to 2009. Steel framed structure is also the most preferred structural system at the end of the survey. Steel framed structures lend themselves to multi-storey building designs; they are not limiting in terms of hollowed spaces in walls; allow for more flexible designs, for instance by removing the walls; and are built much more quickly compared to reinforced concrete framed and masonry structures. Furthermore, the structural elements in steel framed structures occupy much less room than the ones in masonry and reinforced concrete structures. However, it is remarkable that steel framed structures are used rarely in buildings taller than three storeys. Prefabricated structures are modular structures and their construction time is quite short. Furthermore, quality control can be ensured more easily and effectively in prefabricated structures. They are recyclable. They have some disadvantages such as limitations in design due to modularity and high transportation costs. Although it is possible to build multi-storey prefabricated buildings, it is observed that prefabrication is not used in





MTD

www.mtddergisi.com

ULUSLARARASI HAKEMLİ TASARIM VE MİMARLIK DERGİSİ

Mayıs / Haziran / Temmuz / Ağustos Yıl: 2021 Sayı: 23 Yaz Dönemi

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

May / June / July / August Year: 2021 Issue: 23 Summer Term

ID:481 K:688

ISSN Print: 2148-8142 Online: 2148-4880

(ISO 18001-OH-0090-13001706 / ISO 14001-EM-0090-13001706 / ISO 9001-QM-0090-13001706 / ISO 10002-CM-0090-13001706)

(Marka Patent No / Trademark)

(2015/04018 – 2015/GE/17595)

multi-storey buildings in Turkey. There is a clear preference in Turkey for reinforced concrete structures. In 10 years, the proportion of reinforced concrete structures in the whole building stock never went below 89%. Prefabricated structures are lighter than masonry structures, which also allow multi-storey buildings to be built, and heavier than wood framed and composite structures. In prefabricated structures, there are no restrictions to opening doorways or window bays, hollow spaces can be opened in exterior and interior walls, walls can be removed altogether, and more flexible designs can be drawn up compared to masonry structures. Because of the abundance of the technical workforce in reinforced concrete, it is superior to other structures in terms of feasibility. While heaps of rubble are generated during the disposal of masonry and reinforced framed structures, other structures are recyclable. It is thought-provoking that although different structural systems have different comparative advantages, systems other than reinforced concrete framed structure are preferred so little. This study highlights the advantages of the other structures and suggests that structures other than reinforced concrete framed would contribute to construction in the future. The findings will contribute to making the right decision in building structure with the assessment of different structures in different aspects.