

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

PREFABRİKE KONUT ÜRETİMİNDE KULLANILAN YAPIM SİSTEMLERİNİN
MALZEME TÜRÜNE GÖRE ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Güray Yusuf BAŞ

OCAK 2019
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :



Trabzon



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mimarlık Anabilim Dalında
Güray Yusuf BAŞ Tarafından Hazırlanan**

**PREFABRİKE KONUT ÜRETİMİNDE KULLANILAN YAPIM SİSTEMLERİNİN
MALZEME TÜRÜNE GÖRE ANALİZİ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 25/ 12 /2018 gün ve 1784 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç.Dr. Nilhan VURAL

Üye : Doç.Dr. Erkan AVILAR

Üye : Doç.Dr. Nihan ENGİN



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Tezin başlangıcından bu yana her aşamada yardımını, özverisini ve bilgi birikimini esirgemeyen; tecrübesiyle beni doğruya yönlendiren saygıdeğer danışman hocam Doç.Dr. Nilhan VURAL'a; göreve başladığım sürecin başından beri akademi kültürünü bana aşılayan ve yardımcı olan KTÜ Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalı'nda görevli tüm öğretim elemanlarına; öğrenci ve araştırmacı olarak bana emeği geçen KTÜ Mimarlık Bölümünde aktif görev yapan veya daha önce yolumuzun kesiştiği değerli hocalarım ve araştırmacı arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Bu dönemde birlikte çalıştığım ve bilgilerinden yararlandığım meslektaşlarım Arş.Gör. Ömer ASLANÖZ, Arş.Gör. Melis YAZICI, Arş.Gör. Tayfur Emre YAVRU ve Mimar Oğuz KIRCI' ya minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Çalışma sürecinde desteğini, şefkatini ve anlayışını fazlasıyla gördüğüm sevgili eşim Burcu DOST BAŞ'a; beni her zaman eğitime yönlendiren babam Recep BAŞ'a; her zaman benim iyiliğimi düşünüp yardımcı olmaya çalışan annem Nuran BAŞ'a ve beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ablam Gözde Sevil BAŞ'a tüm içtenliğimle sevgilerimi ve şükranlarımı sunuyorum.

Bu çalışmanın günümüz koşullarında yapılmış olup; ilerleyen dönemlerde yeni gelişmelerle birlikte güncellenmesini umarak, ülkeme ve bilim dünyasına yararlı olmasını dilerim.

Güray Yusuf BAŞ

Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Prefabrike Konut Üretiminde Kullanılan Yapım Sistemlerinin Malzeme Türüne Göre Analizi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Nilhan VURAL’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 15/01/2019

Güray Yusuf BAŞ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Amaç	2
1.3. Kapsam.....	3
1.4. Prefabrikasyon.....	3
1.4.1. Tanım	3
1.4.2. Tarihçe.....	5
1.4.3. Prefabrikasyonun Avantajları ve Dezavantajları.....	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	12
2.1. Prefabrike Konut Yapım Sistemleri	12
2.1.1. Sınıflandırmalar.....	12
2.1.2. Prefabrike Yapım Sistemleri	15
2.1.2.1. Prefabrike İskelet Sistemler	15
2.1.2.1.1. Prefabrike Beton İskelet Sistemler.....	17
2.1.2.1.1.1. Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Beton İskelet Sistemler...	21
2.1.2.1.1.1.1. Kolon-Kiriş İskelet Sistemler.....	21
2.1.2.1.1.1.2. Kolon-Döşeme İskelet Sistemler.....	23
2.1.2.1.1.1.3. Çerçeve İskelet Sistemler	24
2.1.2.1.1.2. Prefabrike Beton İskelet Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri ..	25
2.1.2.1.2. Prefabrike Ahşap İskelet Sistemler	28
2.1.2.1.2.1. Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Ahşap İskelet Sistemler ..	34

2.1.2.1.2.1.1.	Dikme-Kiriş İskelet Sistemler	34
2.1.2.1.2.1.2.	Platform Çerçeve İskelet Sistemler	40
2.1.2.1.2.1.3.	Balon Çerçeve İskelet Sistemler	40
2.1.2.1.2.2.	Prefabrike Ahşap İskelet Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri..	41
2.1.2.1.3.	Prefabrike Çelik İskelet Sistemler.....	45
2.1.2.1.3.1.	Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Çelik İskelet Sistemler....	49
2.1.2.1.3.1.1.	Kolon-Kiriş İskelet Sistemler.....	49
2.1.2.1.3.1.2.	Hafif Çelik İskelet Sistemler	51
2.1.2.1.3.2.	Prefabrike Çelik İskelet Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri ...	53
2.1.2.2.	Prefabrike Panel Sistemler	55
2.1.2.2.1.	Prefabrike Beton Panel Sistemler.....	57
2.1.2.2.1.1.	Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Beton Panel Sistemler	61
2.1.2.2.1.1.1.	Büyük Boy Beton Paneller	62
2.1.2.2.1.1.2.	Küçük ve Orta Boy Beton Paneller	62
2.1.2.2.1.2.	Prefabrike Beton Panel Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri	63
2.1.2.2.2.	Prefabrike Ahşap Panel Sistemler	65
2.1.2.2.2.1.	Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Ahşap Panel Sistemler....	69
2.1.2.2.2.1.1.	Büyük Boy Ahşap Paneller	69
2.1.2.2.2.1.2.	Küçük ve Orta Boy Ahşap Paneller	70
2.1.2.2.2.2.	Prefabrike Ahşap Panel Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri ...	71
2.1.2.2.3.	Prefabrike Çelik Panel Sistemler	73
2.1.2.2.3.1.	Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Çelik Panel Sistemler	78
2.1.2.2.3.1.1.	Büyük Boy Çelik Paneller.....	78
2.1.2.2.3.1.2.	Küçük ve Orta Boy Çelik Paneller.....	79
2.1.2.2.3.2.	Prefabrike Çelik Panel Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri	80
2.1.2.3.	Prefabrike Hücre Sistemler	82
2.1.2.3.1.	Prefabrike Beton Hücre Sistemler.....	85
2.1.2.3.1.1.	Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Beton Hücre Sistemler....	88
2.1.2.3.1.1.1.	İskelet Sistemli Beton Hücreler	88
2.1.2.3.1.1.2.	Panel Sistemli Beton Hücreler	89
2.1.2.3.1.2.	Prefabrike Beton Hücre Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri ...	91

2.1.2.3.2.	Prefabrike Ahşap Hücre Sistemler	93
2.1.2.3.2.1.	Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Ahşap Hücre Sistemler ...	95
2.1.2.3.2.1.1.	İskelet Sistemli Ahşap Hücreler	95
2.1.2.3.2.1.2.	Panel Sistemli Ahşap Hücreler.....	96
2.1.2.3.2.2.	Prefabrike Ahşap Hücre Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri...	97
2.1.2.3.3.	Prefabrike Çelik Hücre Sistemler.....	99
2.1.2.3.3.1.	Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Çelik Hücre Sistemler	101
2.1.2.3.3.1.1.	İskelet Sistemli Çelik Hücreler	102
2.1.2.3.3.1.2.	Panel Sistemli Çelik Hücreler	103
2.1.2.3.3.2.	Prefabrike Çelik Hücre Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri	104
2.2.	Prefabrike Konut Yapım Sistemlerinin Analizi	107
2.2.1.	Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi	107
2.2.2.	Analiz Tabloları	108
2.2.2.1.	Beton İskelet Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi	109
2.2.2.2.	Ahşap İskelet Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi.....	113
2.2.2.3.	Çelik İskelet Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi	117
2.2.2.4.	Beton Panel Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi	122
2.2.2.5.	Ahşap Panel Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi	126
2.2.2.6.	Çelik Panel Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi	130
2.2.2.7.	Beton Hücre Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi	134
2.2.2.8.	Ahşap Hücre Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi	137
2.2.2.9.	Çelik Hücre Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi	141
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER	145
3.1.	Prefabrike İskelet Sistemler	145
3.2.	Prefabrike Panel Sistemler	152
3.3.	Prefabrike Hücre Sistemler	159
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	167
5.	KAYNAKLAR	170
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

PREFABRİKE KONUT ÜRETİMİNDE KULLANILAN YAPIM SİSTEMLERİNİN
MALZEME TÜRÜNE GÖRE ANALİZİ

Güray Yusuf BAŞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Doç.Dr. Nilhan VURAL
2019, 184 Sayfa

Prefabrike yapım, bir bütünün parçalarının belli bir planlama dahilinde önceden imal edildikten sonra yapı alanına getirilerek montaj edilmesi ilkesine dayanır. Prefabrike yapım sistemlerinin amacı, hammaddeden bitmiş ürüne geçiş sürecinde malzeme, emek ve zamanın rasyonel şekilde kullanımını sağlamaktır.

Yapılan çalışma; taşıyıcı sisteminde beton, ahşap ve çelik malzeme kullanılarak üretilen prefabrike konut yapım sistemlerinin, tez kapsamında belirlenen 18 değerlendirme kriteri esas alınarak analiz edilmesini ve elde edilen bulguların irdelenmesini içermektedir. Amaç, bu sistemleri tüm yönleriyle ve karşılaştırmalı olarak ele almak ve bu konuda araştırma yapacaklara tercihlerini yönlendirici, kapsamlı bir rehber oluşturmaktır.

Toplam 4 bölümden oluşan çalışmada, prefabrike yapım sistemlerinin konutların tüm yapı elemanlarında kullanılabileceği; farklı tür malzemelerden üretimde yararlanılabileceği; elemanlarda yaygın modül boyutlar bulunabileceği; sistemler ile sınıflarına göre yüksek veya az katlı konutlar üretilebileceği; elemanların boyutunun arttıkça ağırlığının, nakliye sınırlamasının, tasarım kısıtlamasının, prefabriklik derecesinin ve montaj araç kapasitelerinin artabileceği; eleman yüzeylerine farklı kaplama malzemelerinin uygulanabileceği; enerji etkin sürdürülebilir konutlar inşa edilebileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Prefabrikasyon, Prefabrike yapım sistemleri, Konut üretimi,
Prefabrike konut

Master Thesis

SUMMARY

ANALYSIS OF CONSTRUCTION SYSTEMS USED IN PREFABRICATED HOUSING
PRODUCTION ACCORDING TO THE MATERIAL TYPE

Güray Yusuf BAŞ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Architecture Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nilhan VURAL
2019, 184 Pages

Prefabricated construction is based on the principle of assembling the parts of a whole after it pre-produced within a certain planning and brought into the building area. The purpose of prefabricated construction systems is to provide the most rational use of materials, labor and time in the process of transition from raw material to finished product.

The study consists of analyzing prefabricated housing construction systems using concrete, wood and steel material based on 18 evaluation criteria determined in the thesis and analyzing the findings. The aim is to compare these systems with all aspects and to create a comprehensive guideline for those who will do research on this subject.

In this study, which consists of 4 sections in total, it has been concluded that prefabricated construction systems can be used in all building elements; different types of materials can be used in production; there may be widespread module dimensions in the elements; high or low storey housing can be produced according to the system class; as the size of the elements increases, the weight, transport limitation, design limitation, prefabricity degree and mounting vehicle capacities may increase; various coating materials can be applied to the element surfaces.; energy efficient sustainable housing can be built.

Key Words: Prefabrication, Prefabricated construction systems, Housing production, Prefabricated housing

ŞEKİLLER DİZİNİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	2002-2017 yılları arasında Türkiye’de ruhsat alan yapı türü grafiği	2
Şekil 2.	Endrüstrileşmenin ilkeleri ve birbirleriyle ilişkileri.....	5
Şekil 3.	Göçebelerin kullandığı ilkel prefabrike yapı örneği	6
Şekil 4.	19. yy.’da Avustralya’da katalogdan satılan prefabrike konut örnekleri	7
Şekil 5.	Crystal Palace (Kristal Sarayı).....	7
Şekil 6.	Savaş sonrası dönemde Almanya’da uygulanan prefabrike panel sistem örneği	8
Şekil 7.	Prefabrikasyon derecesine göre prefabrike sistem sınıflandırması.....	14
Şekil 8.	İskelet sistemli yapı perspektifi	16
Şekil 9.	Prefabrike beton iskelet sistem oluşumu.....	17
Şekil 10.	Prefabrike beton kolonlar ve farklı guse biçimleri	18
Şekil 11.	Prefabrike beton kolon çeşitleri (Sırasıyla; daire, kare ve dikdörtgen kesitli kolonlar)	18
Şekil 12.	Prefabrike beton kiriş çeşitleri (Sırasıyla; yamuk, dikdörtgen, ters T, ters L, T ve I kesitli kirişler)	19
Şekil 13.	Prefabrike beton iskelet sistem ile inşa edilmiş çekirdek örneği	20
Şekil 14.	Prefabrike beton iskelet sistem ile inşa edilmiş hibrit yapı örneği	20
Şekil 15.	Prefabrike beton iskelet sistem sınıflandırması	21
Şekil 16.	Kolon-kiriş prefabrike beton iskelet sistem perspektifi	22
Şekil 17.	Sürekli kolon ve kiriş ile kurgulanmış kolon-kiriş sistem perspektifi ..	22
Şekil 18.	Kolon-döşeme prefabrike beton iskelet sistem perspektifi	23
Şekil 19.	Çerçeve prefabrike beton iskelet sistem perspektifi	24
Şekil 20.	Çerçeve ve ara kiriş bağlantı perspektifi.....	25
Şekil 21.	Prefabrike ahşap iskelet sistem perspektifi	29
Şekil 22.	Tutkallı tabakalı ahşap	30
Şekil 23.	Tutkallı tabakalı ahşap iskelet sistem eleman kesit örnekleri.....	30
Şekil 24.	Tabakalı yonga ahşap.....	31
Şekil 25.	Paralel yonga ahşap.....	31

Şekil 26.	Tabakalı kaplama ahşap	32
Şekil 27.	Prefabrike ahşap I kiriş	32
Şekil 28.	Prefabrike ahşap kolon birleşim elemanı örneği.....	33
Şekil 29.	Prefabrike ahşap iskelet sistem ile inşa edilmiş hibrit yapı örneği	33
Şekil 30.	Prefabrike ahşap iskelet sistem sınıflandırması	34
Şekil 31.	Prefabrike ahşap kolon kiriş iskelet sistem örneği.....	35
Şekil 32.	Uzun açıklık doğrultusunda ana kirişlerin oluşturduğu sistem perspektifi	35
Şekil 33.	Kısa açıklık doğrultusunda ana kirişlerin oluşturduğu sistem perspektifi	36
Şekil 34.	Uzun ve kısa açıklık doğrultusunda ana kirişlerin oluşturduğu sistem perspektifi	36
Şekil 35.	Sürekli kiriş ve süreksiz dikmeden oluşan sistem perspektifi	37
Şekil 36.	Çift kiriş-tek dikme sistem perspektifi.....	37
Şekil 37.	Sürekli çift kiriş ve sürekli dikmeden oluşan sistem perspektifi	38
Şekil 38.	Çift kiriş-çift dikme sistem perspektifi	38
Şekil 39.	Sürekli çift dikme ve sürekli ana kirişten oluşan sistem perspektifi.....	39
Şekil 40.	Sürekli dikme ve süreksiz ana kirişten oluşan sistem perspektifi.....	39
Şekil 41.	Platform çerçeve prefabrike ahşap iskelet sistemde yatay ve düşey taşıyıcı elemanların konumlandırılması.....	40
Şekil 42.	Balon çerçeve prefabrike ahşap iskelet sistemde yatay ve düşey taşıyıcı elemanların konumlandırılması.....	41
Şekil 43.	Çelik iskelet sistemli yapım perspektifi.....	45
Şekil 44.	Çelik iskelet sistem elemanları	46
Şekil 45.	Çelik iskelet sistem ile yapılmış bir konut örneği.....	46
Şekil 46.	Sıcak haddelenmiş çelik üretim aşaması.....	47
Şekil 47.	Soğuk haddelenmiş çelik üretim aşaması	48
Şekil 48.	Çelik iskelet sistem ile üretilmiş hibrit yapı örneği	48
Şekil 49.	Prefabrike çelik iskelet sistem sınıflandırması	49
Şekil 50.	Kolon-kiriş çelik iskelet sistem perspektifi.....	50
Şekil 51.	Sürekli kolonlu ve kirişli sistem perspektifi	50
Şekil 52.	Yaygın kullanılan kolon-kiriş sistem eleman şekilleri.....	51

Şekil 53.	Yaygın kullanılan hafif çelik sistem eleman şekilleri.....	51
Şekil 54.	Hafif çelik iskelet sistem strüktür perspektifi	52
Şekil 55.	Hafif çelik iskelet sistem yapımı.....	52
Şekil 56.	Panel sistem ile yapı üretimi	56
Şekil 57.	Boyutlarına göre paneller.....	57
Şekil 58.	Prefabrike beton paneller ve yapıda kullanım şekilleri.....	58
Şekil 59.	Prefabrike beton panel ile hibrit yapı örneği.....	58
Şekil 60.	Panel türleri: dolu kesitli (a), sandviç (b), çift duvar (c), boşluklu (d) ve nervürlü (e) beton panel.....	59
Şekil 61.	Dolu kesitli beton panel	59
Şekil 62.	Beton sandviç panel	60
Şekil 63.	Çift duvar beton panel.....	60
Şekil 64.	Boşluklu beton panel.....	61
Şekil 65.	Çift T panel	61
Şekil 66.	Prefabrike büyük boy beton paneller ve örnek bir uygulama	62
Şekil 67.	Prefabrike küçük ve orta boy beton paneller ve örnek bir uygulama ...	63
Şekil 68.	Prefabrike ahşap paneller ve yapıda kullanım şekilleri	66
Şekil 69.	Prefabrike ahşap panel ile hibrit yapı örneği	67
Şekil 70.	Panel türleri: (a) masif ahşap , (b) strüktürel nitelikli kompozit, (c) masif ahşap taşıyıcılı panel.....	67
Şekil 71.	Çapraz lamine ahşap (CLT) panel	68
Şekil 72.	Strüktürel nitelikli kompozit panel (SIP's).....	68
Şekil 73.	Masif taşıyıcılı ahşap panel.....	69
Şekil 74.	Prefabrike büyük boy ahşap paneller ile örnek bir konut uygulaması..	70
Şekil 75.	Prefabrike küçük boy ahşap paneller ile örnek bir konut uygulaması..	70
Şekil 76.	Prefabrike çelik paneller ve yapıda kullanım şekilleri.....	74
Şekil 77.	Prefabrike çelik panel ile hibrit yapı örneği.....	74
Şekil 78.	Panel türleri: (a) çelik levha perde duvar paneli, (b) hafif çelik çerçeve panel, (c) çelik sandviç panel.....	75
Şekil 79.	Çelik levha perde duvar paneli	76
Şekil 80.	SPSW panel üretim aşaması	76
Şekil 81.	Hafif çelik çerçeve panel	77

Şekil 82.	Çelik sandviç panel	78
Şekil 83.	Prefabrike büyük boy çelik paneller ile örnek bir konut uygulaması ...	79
Şekil 84.	Prefabrike küçük ve orta boy çelik paneller ile örnek bir konut uygulama.....	79
Şekil 85.	Hücre sistem ile yapı üretimi	82
Şekil 86.	Hücre sistem ile yapım aşamaları	83
Şekil 87.	Kapalı hücre	84
Şekil 88.	Açık hücreler.....	84
Şekil 89.	İskelet sistemli hücre.....	85
Şekil 90.	Panel sistemli hücre	85
Şekil 91.	Prefabrike beton hücre ile yapım örneği	87
Şekil 92.	Prefabrike beton çekirdek ve çatı modülü	87
Şekil 93.	Prefabrike beton hücrenin çekirdekte kullanıldığı hibrit yapı örneği ...	88
Şekil 94.	İskelet sistemli prefabrike beton hücre	89
Şekil 95.	Panel sistemli prefabrike beton hücre	90
Şekil 96.	Beton kanalizasyon borusunun yapımda kullanımı	90
Şekil 97.	Prefabrike ahşap hücre ile yapım örneği.....	93
Şekil 98.	Açısal formda üretilmiş prefabrike ahşap hücre örneği.....	94
Şekil 99.	Prefabrike ahşap çatı hücreleri.....	94
Şekil 100.	Hibrit bina (Treet Binası) yapım sistemi anlatımı	95
Şekil 101.	Prefabrike ahşap hücre sistem ve destek elemanları.....	96
Şekil 102.	İskelet sistemli prefabrike ahşap hücre	96
Şekil 103.	Panel sistemli prefabrike ahşap hücre.....	97
Şekil 104.	Prefabrike çelik hücre ile yapım örneği	100
Şekil 105.	Prefabrike çelik çatı ve çekirdek hücresi	101
Şekil 106.	Prefabrike çelik hücreler ile inşa edilen hibrit yapı örnekleri.....	101
Şekil 107.	İskelet sistemli prefabrike çelik hücre	102
Şekil 108.	Konteynır hücre yapısı	103
Şekil 109.	Panel sistemli prefabrike çelik hücre	104
Şekil 110.	Prefabrike beton iskelet sistem elemanlarının nakliye biçimleri	112
Şekil 111.	Kat oluşum anlatımı.....	142

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Prefabrike yapım sistemleri sınıflandırmaları.....	12
Tablo 2. Kolon-kiriş prefabrike beton iskelet sistem uygulama örneği.....	25
Tablo 3. Kolon-kiriş prefabrike beton iskelet sistem uygulama örneği.....	26
Tablo 4. Kolon-döşeme prefabrike beton iskelet sistem uygulama örneği.....	27
Tablo 5. Dikme-kiriş prefabrike ahşap iskelet sistem uygulama örneği.....	42
Tablo 6. Platform çerçeve prefabrike ahşap iskelet sistem uygulama örneği.....	43
Tablo 7. Balon çerçeve prefabrike ahşap iskelet sistem uygulama örneği.....	44
Tablo 8. Kolon-kiriş çelik iskelet sistem uygulama örneği.....	53
Tablo 9. Hafif çelik iskelet sistem uygulama örneği.....	54
Tablo 10. Prefabrike büyük boy beton panel uygulama örneği.....	63
Tablo 11. Prefabrike küçük boy beton panel uygulama örneği.....	64
Tablo 12. Prefabrike büyük boy ahşap panel uygulama örneği.....	71
Tablo 13. Prefabrike küçük boy ahşap panel uygulama örneği.....	72
Tablo 14. Prefabrike büyük boy çelik panel uygulama örneği.....	80
Tablo 15. Prefabrike küçük boy çelik panel uygulama örneği.....	81
Tablo 16. İskelet sistemli prefabrike beton hücre uygulama örneği.....	91
Tablo 17. Panel sistemli prefabrike beton hücre uygulama örneği.....	92
Tablo 18. İskelet sistemli prefabrike ahşap hücre uygulama örneği.....	97
Tablo 19. Panel sistemli prefabrike ahşap hücre uygulama örneği.....	98
Tablo 20. İskelet sistemli prefabrike çelik hücre uygulama örneği.....	104
Tablo 21. Prefabrike çelik hücre uygulama örneği.....	106
Tablo 22. Prefabrike beton iskelet sistemlerin (PBİS) konut üretiminde kullanımının analizi.....	109
Tablo 23. Prefabrike ahşap iskelet sistemlerin (PAİS) konut üretiminde kullanımının analizi.....	113
Tablo 24. Prefabrike çelik iskelet sistemlerin (PÇİS) konut üretiminde kullanımının analizi.....	118
Tablo 25. Prefabrike beton panel sistemlerin (PBPS) konut üretiminde kullanımının analizi.....	122

Tablo 26.	Prefabrike ahşap panel sistemlerin (PAPS) konut üretiminde kullanımının analizi	126
Tablo 27.	Prefabrike çelik panel sistemlerin (PÇPS) konut üretiminde kullanımının analizi	130
Tablo 28.	Prefabrike beton hücre sistemlerin (PBHS) konut üretiminde kullanımının analizi	134
Tablo 29.	Prefabrike ahşap hücre sistemlerin (PAHS) konut üretiminde kullanımının analizi	138
Tablo 30.	Prefabrike çelik hücre sistemlerin (PÇHS) konut üretiminde kullanımının analizi	141
Tablo 31.	Prefabrike iskelet sistemler	146
Tablo 32.	Prefabrike panel sistemler	153
Tablo 33.	Prefabrike hücre sistemler	160

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

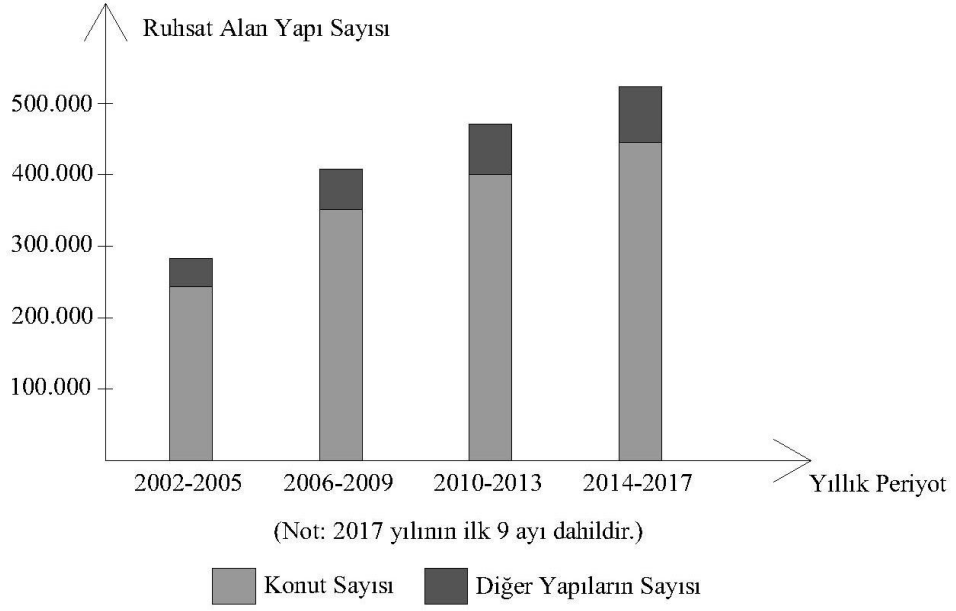
Barınma temel insan gereksinimidir. İnsanların kendini atmosfer koşulları ve dış ortam şartlarından izole etmek için konutlara ihtiyacı vardır. Bu nedenle konut ihtiyacı evrenselidir. Sadece konuta sahip olmayanlar değil, aynı zamanda konutları uygun şarta sahip olmayanlar da konut ihtiyacı olanlar kapsamına dahil edilmektedir (Clarke, 2010).

Konut ihtiyacı, konut talebinden oldukça farklı bir kavramdır. Konut talebi, konutun lokasyonu, kalitesi ve tipi gibi birçok standartın farklılaşmasını kapsar. Konut ihtiyacı kavramı, belirli bir standartta olmayan, yani içinde yaşayan hane halkının sağlığını, güvenliğini ve psikolojisini kötü yönde etkilemeyecek konutları ele alır. Konut ihtiyacı olanlar ise konutu bu standartı sağlamayanlar veya konutu olmayanlardır (Clarke, 2010).

Günümüz şartları gereğince konut ihtiyacı giderek atmaktadır. Bunun başlıca nedenleri şunlardır (Şuta, 2016):

- Nüfus artışı
- Kente göç ve hızlı kentleşme
- Demografik yapıda ki değişimler ve ailelerin küçülmesi
- Düşük gelir seviyesi ve gelir dağılımındaki eşitsizlikler
- Eski veya yıpranmış konutların tercih edilmemesi
- Doğal afetler ve savaşlar

Bu ihtiyaçlar dahilinde, Dünya’da inşa edilen yapıların büyük bir bölümünü konutlar oluşturmaktadır. Örneğin ülkemizde 2002 yılından bu zamana kadar ruhsat alan yapıların %85’i konut işlevindedir (Şekil 1).



Şekil 1. 2002-2017 yılları arasında Türkiye’de ruhsat alan yapı türü grafiği (URL-1, 2018)

İnşaat sektöründe kullanılan kaynaklar ve enerjinin büyük bölümü konut yapımında harcanmaktadır. Bu kaynaklar ve enerjinin etkin şekilde kullanılması, sürdürülebilirlik ve toplum gelişmişliği açısından kritik önem kazanmıştır. Bunu başarmak için ülkeler yeni çözümler aramaktadır.

Konut yapımında rasyonelliği sağlamak, sürdürülebilirlik ve etkin enerji kullanımını başarmanın bir yolu da endüstrileşmeyi inşa sürecine entegre etmektir. Bu nedenle çalışmanın konusu “konut üretiminde prefabrike yapım sistemleri” olarak belirlenmiştir.

1.2. Amaç

İnşaat sektörü, kullandığı hammadde, iş gücü, araç-gereç, oluşturduğu atıklar ve doğaya her türlü etkisi ile geliştirilmesi gereken bir alandır. Günümüzde aşırı artış gösteren insan nüfusu, değişen aile yapısı ve kentleşmeyle birlikte konut üretimi artmaktadır. Bu artışın Dünya’ya olumsuz sonuçları olmakta, bu olumsuzlukları en aza indirmek için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte inşaat sektöründe malzeme ve yapım sistemleri geliştirilmekte, iş gücü ve hammadde kullanımı azaltılmakta, enerji etkin ve sürdürülebilir yapılar üretilmektedir. Tüm bu gelişimlere rağmen; yapım alanında endüstrileşme düzeyinin düşük, gerekli yan endüstrilerin ve bilgi birikimlerinin yetersiz

olması, konut üretiminde geleneksel yöntemlerin sürdürülmesine yol açmaktadır. Geleneksel yöntemler ile yapım kalitesi düşük ve sağlıksız konut üretimi, yanlış politikalarla da desteklenince hem uygulamada hem de uygulama sonrasında niteliksiz yapım, malzeme kayıpları, şantiyelerdeki koordinasyonsuzluk, vasıfsız işçilik, iklim değişikliklerinden etkilenme gibi pek çok sorunu ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunların çözüm yollarından biri de prefabrike yapım ile üretilen konutların sayısının artması ve kullanımının yaygınlaşmasıdır. Bunun gerçekleşebilmesi için gerekli ekonomik şartlar sağlanmalı, devlet politikaları destekleyici olmalı, gerekli fiziksel altyapılar oluşturulmalı ve nitelikli eleman yetiştirilmelidir.

Tüm bu nedenlerden dolayı yapılan çalışmanın amacı; taşıyıcı sisteminde beton, ahşap ve çelik malzeme kullanılarak üretilen prefabrike konut yapım sistemlerini tüm yönleriyle ve karşılaştırmalı olarak ele almak; bu konuda araştırma yapacaklara tercihlerini yönlendirici, kapsamlı bir rehber oluşturmaktır.

1.3. Kapsam

Bu çalışma, yapı üretiminin büyük kısmını oluşturan konut işlevindeki yapıları ele almaktadır. Diğer işlevlere hizmet eden yapı türleri kapsam dışıdır.

Konut üretiminin rasyonel olması için birçok arayış söz konusudur. Bu arayışlar neticesindeki çözümlerden biri de endüstrileşmenin yapım sürecine entegre edilmesidir. Bu çalışmada prefabrike yapım sistemleri strüktürel kurguda en çok uygulanan 3 malzeme olan beton, ahşap ve çelik malzemeler kapsamında analiz edilmiştir.

1.4. Prefabrikasyon

1.4.1. Tanım

Endüstri, hammaddeleri yapılabir hale getirmek için uygulanan eylemlerin ve bu eylemleri uygulamak için kullanılan araçların bütünüdür. (Hasol, 2010). Endüstrileşme ise endüstriyel eylemleri yerine getirmektir. Endüstrileşme, bir ürün çıkarılabilecek her alanda kendine yer bulabilmektedir.

Yapı alanında endüstrileşme, makineleşme ve rasyonelleşmedir (Hasol, 2010). Erdoğan'a (1984) göre yapı alanında endüstrileşmenin 4 temel ilkesi bulunmaktadır (Toka, 2003):

1. Makineleşme
2. Standartlaşma
3. Rasyonalizasyon
4. Prefabrikasyon

Hasol'a (2010) göre *makineleşme*, “geleneksel yöntemlere oranla yapımın her evresinde (imalat, taşıma ve montaj) daha çok makine kullanılması” dır.

Erdoğan'a (1984) göre *standardizasyon*, saptanan niteliklere ve ölçülere uyarak inşa etmektir (Toka, 2003). Yapı bileşenlerini standartlaştıran genel özellik boyuttur. Dolayısıyla standardizasyon modüler koordinasyon kavramıyla doğrudan ilişkilidir. *Modüler koordinasyon*, üretilen bileşenlerin yapım yerinde herhangi bir değişikliğe uğramadan bir bütünü oluşturabilmesi için eleman boyutlarının düzenlenmesidir. Düzenlenen boyutlar, bir ölçü değerinin modül olarak kabul edilmesiyle oluşturulur. Üretilen yapı elemanları, kabul edilen modül boyutta ve bu modül boyutun katları değerinde üretilir.

Eşiyok'a (2000) göre *rasyonalizasyon*, “tasarlama, üretim, dağıtım ve bir araya getirme süreçlerinde kaynaklardan optimum şekilde yararlanabilmek için, çeşitli akılcı yöntemlerin uygulanmasıdır”.

Prefabrikasyon, “ev,gemi vb. şeylerin önceden hazırlanmış bir plana göre, bir bütün olarak birleştirilmesi yöntemi” olarak tanımlanmaktadır. (TDK, 2011)

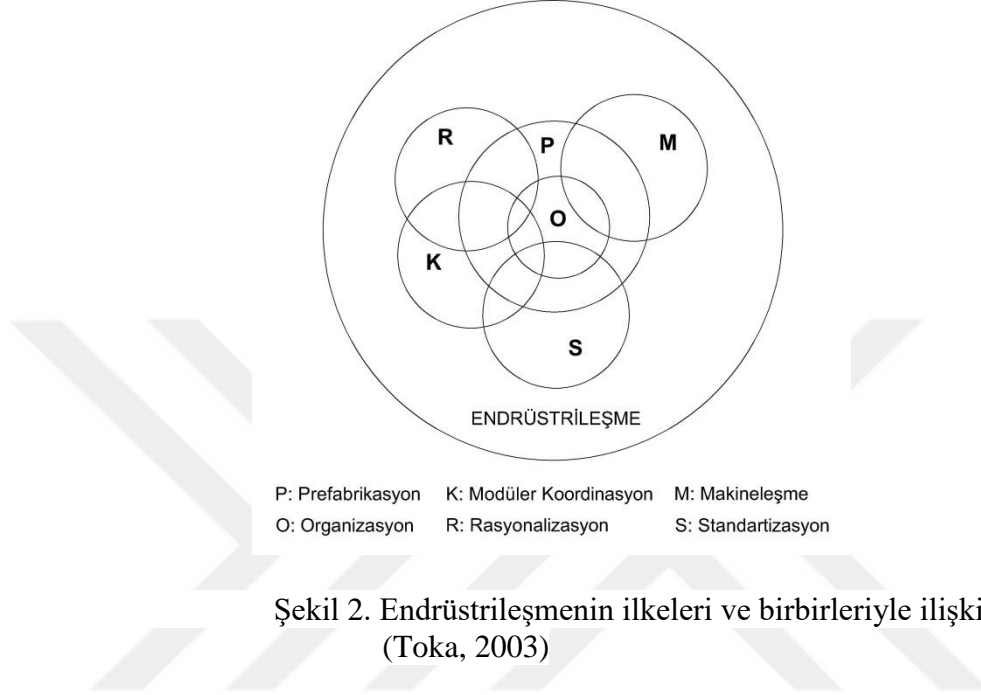
Hasol (2010) prefabrikasyonu şöyle tanımlamıştır: “hazır elemanlar ya da bileşenlerle yapı kurma; şantiye çalışmalarının olanak ölçüsünde fabrika çalışması haline getirilmesi ve önceden hazırlanmış çoğu beton elemanların yapı yerinde montajı ile yapılan inşaat, ön üretim, ön yapım”.

Prefabrikasyon, “ön üretim” demektir. Bir bütünün parçalarının planlama dahilinde önceden imal edildikten sonra yapım yerine getirilerek montaj edilmesi prefabrike yapıdır.

Tapan'a (1973) göre, prefabrike yapım şekli, endüstriyel yapımın diğer unsurlarını da sağladığı için literatürde birbirinden ayırt edilememektedir (Toka, 2003). Ancak prefabrikasyon gelişmiş endüstriyel yapım şekli olarak nitelendirilebilir. Prefabrike yapım

şeklinden ayrı olarak kısmi gelişmiş ve gelişmiş-geleneksel endüstriyel yapım şekilleri de mevcuttur. Bu yapım şekilleri endüstrileşmenin bazı ilkelerini sağlamamaktadır.

Bu kavramlar arasındaki ilişkiler Şekil 2’de gösterilmektedir.



1.4.2. Tarihçe

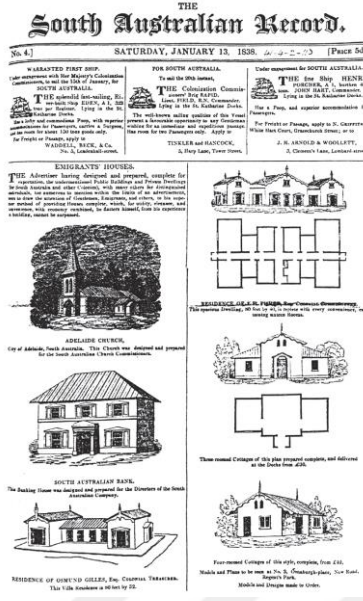
Prefabrike yapım şeklinin varlığı binlerce yıl öncesine kadar uzamaktadır. Uzmanlar göçebelerin kullandığı taşınabilir yapıların örneklerinin M.Ö. 4000 yılına dayandığını söylemektedir. Bu yapılar oldukça ilkel olarak ağaç dalları, yapraklar ve hayvan derileri gibi malzemelerden üretilmiştir (Şekil 3) (Staib vd., 2008).



Şekil 3. Göçebelerin kullandığı ilkel prefabrike yapı örneği (Staib vd., 2008)

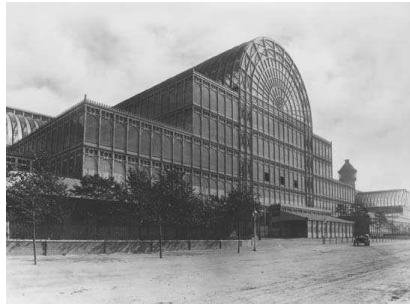
Tarım ve hayvancılığın gelişmesiyle birlikte insanlar yerleşik yaşama geçmiştir. Madencilik ve teknolojinin zamanla ilerlemesiyle yapım malzemeleri ve el işçiliği gelişmiştir. Bu dönemden sonra yapılar kalıcı olarak üreilmeye başlamıştır ve yapıların hafif ve taşınabilir olması değil sağlam, estetik ve ekonomik olması aranan kriterler haline gelmiştir.

Batı'da prefabrikasyonun tarihi, 16. ve 17. yy.'da Britanya'nın sömürgecilik girişimleri ile başlamıştır. Britanyalılar'ın sömürge altına aldığı Hindistan, Orta Doğu, Avustralya, Afrika, Yeni Zelanda, Amerika ve Kanada'da hızlı bir yapılaşma gereksinimi bulunuyordu. Bu bölgelerdeki yapı malzemelerine aşına olmayan Britanyalılar, yapı elemanlarını Britanya'da üreterek gemiler ile sömürge bölgelerine taşımışlardır (Şekil 4). O döneme ait strüktür yapıları günümüzde kullandığımız çağdaş prefabrikasyon teknikleri ile örtüşmemekte, ancak yapım yöntemi olarak prefabrikasyonu temsil etmektedir (Smith, 2010).



Şekil 4. 19. yy.'da Avustralya'da katalogdan satılan prefabrike konut örnekleri (Staib vd., 2008)

Batıda prefabrikasyon yaygın olarak küçük ölçekli konutlarda, köprülerde, teknelerde ve tekdüze yapılarda kullanılmaktaydı. Endüstrinin gelişimiyle birlikte gelişen malzeme teknolojisi, prefabrikasyonun kullanım alanlarını da geliştirmiştir. Endüstrinin yapı alanına önceden girmiş olmasına rağmen bu alanda dönüm noktası olarak 1851 yılında Londra'da inşa edilen Crystal Palace (Kristal Saray) gösterilir (Şekil 5). Yapının devasa iskelet sisteminin bileşenleri tekrarlanan ve standartlaşmış elemanlardan oluşmaktaydı. Yapıyı oluşturan prefabrike bileşenlerin sayısı ve yapının detayları, inşa edilen dönem düşünüldüğünde oldukça şaşırtıcıdır. Kristal Sarayı, “mimaride estetik, fonksiyonel araçların üretimi kadar basit olabilir” düşüncesi ile mimariye yön verdiği için çok önemlidir (Smith, 2010).



Şekil 5. Crystal Palace (Kristal Sarayı) (URL-2, 2018)

Endüstriyel yapılar 19. yy.'ın ortalarından sonra teknik olarak gelişimini sürdürmüştür. 20. yüzyılın başlarında Henry Ford'un otomobil sektöründe uyguladığı yenilikler, endüstrinin birçok alanında devrim yaratmıştır. Bu uygulamalardan inşaat sektörü de yararlanmıştır. Daha önce tek düze olduğu için eleştirilen prefabrike yapılar, standart parçalar kullanılarak farklı boyutlarda ve şekillerde üretilmeye başlanmıştır. Ayrıca Ford'un geliştirdiği civatalama ve parçaların bant üzerinde birleştirilme tekniği ile yapılar daha hızlı yapılmaya başlanmış ve birleşimler daha kaliteli olmuştur (Smith, 2010).

I. Dünya Savaşı sonrası dönemde Avrupa'da konut yapımında yenilikler aranmıştır. Savaşın verdiği tahribat dolayısıyla açığa çıkan konut ihtiyacının en hızlı şekilde kapatılması için yeni teknikler geliştirilmeye çalışılmıştır. Özellikle başta Almanya olmak üzere Avrupa ülkelerinde konut üretiminde prefabrike panel ve hücre sistemler denenmiş fakat teknik sorunlar ortaya çıkmış ve bu arayış başarısız olmuştur (Şekil 6) (Knaack vd., 2012).



Şekil 6. Savaş sonrası dönemde Almanya'da uygulanan prefabrike panel sistem örneği (Knaack vd., 2012)

1920'ler ve 30'larda Avrupa'nın aksine Amerika kıtasında prefabrike yapıların üretimi, ekonomik kriz nedeniyle azalmıştır. O dönemde Amerika'da otomobil, uçak ve gemi sanayisinde kullanılan teknolojiler inşaat sektöründe denenmeye başlanmıştır. Bu denemelerin sonucunda prefabrike yapıların, otomobil sanayisinde olduğu gibi, farklı bileşenlerinin farklı fabrikalarda üretilerek bir fabrikada birleştirilebileceği ve uçaklarda kullanılan metal sandviç duvarların yapılarda da kullanılabileceği ortaya çıkmıştır (Smith, 2010).

II. Dünya Savaşı sonrası dönemi prefabrike yapımda teknik gelişmelerin değil işletme alanında gelişmelerin olduğu dönemdir. Savaş sırasında oluşan yıkımlar ve

savaştan dönen askerlerin acil barınma ihtiyacından dolayı hızlı ve ekonomik konut gereksinimi oluşmuştur. Bu gereksinimden dolayı o dönem birçok prefabrike konut firması ortaya çıkmıştır (Smith, 2010).

20. yy.'ın ortalarında savaş sonrası dönemin koşulları nedeniyle prefabrike konut yapımında estetik kaygı ön planda değildir. Üretilen konutlar genellikle tekdüze ve yapım kalitesi kötü olarak nitelendirilmektedir. Bu nedenle o dönemin prefabrike konutları birçok insan tarafından benimsenmemiştir ve firmalar açısından başarısızlıklar doğurmuştur (Smith, 2010).

I. ve II. Dünya Savaşları sonrası oluşan acil barınma ihtiyacı karşılandıktan sonra Avrupa'da yıkıma uğrayan kentler dönüşüme girmiştir. Savaşların sonrasında alınan dersler, bu dönemde etkili olmuştur. Geçmişte başarısız olan prefabrike panel ve hücre yapım sistemleri tekrar yorumlanmıştır ve başarılı konut projeleri ortaya konulmuştur (Knaack vd., 2012). Acil barınma ihtiyacı ve dönüşüm dönemini göreceli olarak başarılı bir şekilde atlatan prefabrike yapım yöntemi, bu dönemden sonra teknik olarak gelişim dönemine girmiştir.

Yeni yapım sistemleri ve yeni yapım malzemelerinin gelişmesinin yanı sıra, 20. yy.'ın sonuna doğru ortaya çıkan teknolojik gelişmeler ile, bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) ortaya çıkmıştır. CAD/CAM teknolojisi ile endüstriyel tasarım ve üretimde yeni çözümler üretilmiş; farklı formlar olanaklı kılınmış; üretim kalitesi artmış ve maliyetler daha tutarlı hale gelmiştir (Smith, 2010).

1.4.3. Prefabrikasyonun Avantajları ve Dezavantajları

Prefabrike yapım yönteminin birçok avantajı vardır. Bu avantajlar; kalite, maliyet, zaman, güvenlik, temizlik, düzenlilik ve ekoloji başlıkları altında sınıflandırılmaktadır (Baghchesaraei, 2015; Eşiyok, 2000; Oliewy vd., 2009):

- Kalite
 - Yüksek mekanik teknolojiye sahip kontrollü üretim ortamında yüksek kaliteli ürünler üretilebilmektedir.
 - Belirli bir işte uzmanlaşmış kalifiye elemanlar verimliliği artırır ve hataları azaltır.
 - Planlama sayesinde hava şartlarının etkileri minimuma indirilir.

- Endüstriyel yapım sistemleri ile yapı elemanlarında kaliteli yüzeyler elde edilebilmektedir.
- Üretimdeki tekrar, uzmanlaşmayı getirmektedir.
- **Maliyet**
 - Yapım alanında ki işçilik önemli ölçüde azalmaktadır.
 - Atık malzemeler önemli ölçüde azaltılır ve tekrar kullanılabilir.
 - Kalıplar birçok sefer kullanılabilir.
 - Üretim kalitesi ve kontrolü sayesinde ürünün düzeltme işleri önemli ölçüde azalmaktadır.
 - İklimle ilgili zaman kayıpları engellendiği için yapım süreci kısalmaktadır.
 - Şantiye alanında depolama ve stoklama gideri (ihzarat) olmamaktadır.
 - Üretim sürecinin hızı nedeniyle enflasyondan daha az etkilenilir.
 - Etkin yönetim yapabilen elemanlar üretilebilmektedir.
 - Prefabriğe yapımda, planlanan bütçenin dışına çıkma riski daha azdır.
- **Zaman**
 - Yapım yerinin dışında üretim ve basitleştirilmiş kurulum detayları sayesinde yapım süreci önemli ölçüde azalmıştır.
 - Zaman planlaması dahilinde yapım süreci, yönetilebilir bir çizelgeye sahip olmaktadır.
 - Hafriyat işleri sırasında inşaat bileşenleri üretilebilir ve inşaat yapım süresini kısaltabilir.
- **Güvenlik**
 - Makine yoğun yapım süreci ile işçilik en aza indirilir; güvenli ve sistematik çalışma ortamı sağlanır.
- **Temizlik ve düzenlilik**
 - Bileşenlerin ve malzemelerin sistemli olarak depolanması ve kullanılması, temiz bir yapım alanı sağlar.
 - Yapım alanında oluşan sarfiyat azalır.
 - Destek ve kalıp malzemeleri minimum düzeyde kullanılır.
- **Ekolojik**
 - Prefabriğe yapım yöntemi ile birlikte malzeme sarfiyatı en aza inmektedir ve ham madde ile enerji kaynaklarından en fazla düzeyde yararlanılabilmektedir.

- Şantiye alanında yapılan iş azaldıkça çevreye verilen rahatsızlık ve kirlilik azalır.
- Detayların rasyonel çözümüyle birlikte etkin yalıtım sağlayan ürünler üretilmektedir. Bu enerji etkin elemanlar karbon emisyonuna katkı sağlamaktadır.

Prefabrike yapım yönteminin avantajlarının yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Dezavantajlar; idari, ekonomik, sosyal, teknik ve estetik açıdan sınıflandırılmaktadır (Eşiyok, 2000; Toka, 2003):

- İdari
 - Devlet birimleri prefabrike yapımı desteklemeli ve kullanımını teşvik etmelidir.
- Ekonomik
 - Prefabrikasyon, ekonomik açıdan büyük yatırımlar gerektirmektedir.
 - Prefabrikasyon düzenli ve sistemli bir finansman gücü gerektirmektedir. Bu nedenle küçük ve orta büyüklükte ki inşaat yatırımcıları prefabrikasyonu kullanmakta zorluk yaşamaktadır.
 - Nakliye maliyeti belirli bir mesafeden sonra rasyonellikten uzaklaşabilmektedir.
- Sosyal
 - Prefabrikasyonla birlikte yüksek oranda makineleşme sonucu insan gücüne ihtiyacının kaybolması ve buna bağlı olarak işsizliğin artması ihtimali vardır.
 - Üretim, tasarım ve yapım aşamasında nitelikli insan gereksinimi vardır.
- Teknik
 - Prefabrike bileşenler nakliye sırasında zarar görebilir. Bu nedenle elemanlar, dikkatlice ambalajlanmalı ve taşınmalıdır.
 - Prefabrike elemanların birleşim detayları iyi çözülmeli ve korozyona karşı dirençli olmalıdır.
 - Büyük prefabrike bileşenler ağır taşıma-montaj ekipmanı ve hassas ölçüm gerektirmektedir.
- Estetik
 - Aynı tip bileşenlerden üretilmiş prefabrike yapılar monoton görünebilmektedir.
 - Rasyonel yapımın gereği olan modüler koordinasyon, tasarım esnekliğini kısıtlayabilmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Tezin Yapılan Çalışmalar bölümünde, prefabrike konut yapım sistemleri aşağıda maddelenen başlıklarda ele alınmıştır:

1. Prefabrike konut yapım sistemleri
2. Prefabrike konut yapım sistemlerinin analizi

2.1. Prefabrike Konut Yapım Sistemleri

Bu bölümde, prefabrike yapım sistemlerinin literatürde kullanılan sınıflandırmaları derlenmiş; belirlenen sınıflandırmaya göre incelenmiş; konut üretiminde kullanımlarına göre ayrıştırılarak, örneklerle açıklanmıştır.

2.1.1. Sınıflandırmalar

Prefabrike yapım sistemleri konusunda birçok çalışma yapılmış; bu çalışmalar sonucunda farklı sınıflandırmalar ortaya çıkmıştır. Bu sınıflandırmalar; malzeme, prefabriklik derecesi (bitmişlik düzeyi) ve özel bir işlev türü gibi kriterlere bağlı olarak geliştirilmiştir. Tablo 1’de verilen bu sınıflandırmaların güncel kullanım durumları ve konut işlevine uygunluğu göz önünde bulundurulmuştur.

Tablo 1. Prefabrike yapım sistemleri sınıflandırmaları

Sınıflandırma	Alt Kategoriler	Kaynak
ABD Konut Sektöründe Kullanılan Prefabrike Sistemler	<ul style="list-style-type: none">• Ahşap Çerçeve Sistem• Çelik Çerçeve Sistem• Betonarme Sistem• Panel Sistem• Hücre Sistem	(Ngoenchuklin, 2014)

Tablo 1'in devamı

Malzemeye Bağlı Prefabrike Konut Yapım Sistemleri	<ul style="list-style-type: none"> • Betonarme <ul style="list-style-type: none"> ○ İskelet Sistem ○ Panel Sistem ○ Hücre Sistem • Ahşap <ul style="list-style-type: none"> ○ Panel Sistem ○ Hücre Sistem • Çelik ve Alüminyum <ul style="list-style-type: none"> ○ Mobil Sistem ○ Panel Sistem • Plastik <ul style="list-style-type: none"> ○ Panel Sistem ○ Hücre Sistem 	(Eşiyok,2000)
Prefabrikasyon Derecesine Göre Yapım Sistemleri	<ul style="list-style-type: none"> • İskelet Sistem • Panel Sistem • Hücre Sistem 	(Smith, 2010)
Prefabrikasyon Derecesine Göre Yapım Sistemleri	<ul style="list-style-type: none"> • İskelet Sistem <ul style="list-style-type: none"> ○ Ahşap ○ Çelik ○ Betonarme • Panel Sistem <ul style="list-style-type: none"> ○ Ahşap ○ Çelik ○ Betonarme • Hücre Sistem <ul style="list-style-type: none"> ○ Ahşap ○ Çelik ○ Betonarme 	(Staib vd., 2008)
Prefabrikasyon Derecesine Göre Yapım Sistemleri	<ul style="list-style-type: none"> • Pre-engineered (ön mühendisliği yapılmış) • Panel Sistem • Modüler Sistem • Manufactured (imal edilmiş) 	(Shahi, 2012)
Warszawski'nin Malzemeye Bağlı Endüstriyel Yapım Sistemleri Sınıflandırması	<ul style="list-style-type: none"> • Ahşap • Çelik • Betonarme • Yerinde Dökme Beton 	(Kamar vd., 2011)
Warszawski'nin Prefabriklik Derecesine Bağlı Endüstriyel Yapım Sistemleri Sınıflandırması	<ul style="list-style-type: none"> • Lineer Sistem • İskelet Sistem • Düzlemsel Sistem • 3 Boyutlu Kutu Sistem 	(Kamar vd., 2011)
Türkiye Prefabrike Birliği'nin Prefabrike Yapım Sistemleri Sınıflandırması	<ul style="list-style-type: none"> • İskelet Sistem • Kolon-Döşeme Sistem • Hücre Sistem • Taşıyıcı Duvar Sistem • Karma Sistem 	(Kargılı, 2005)

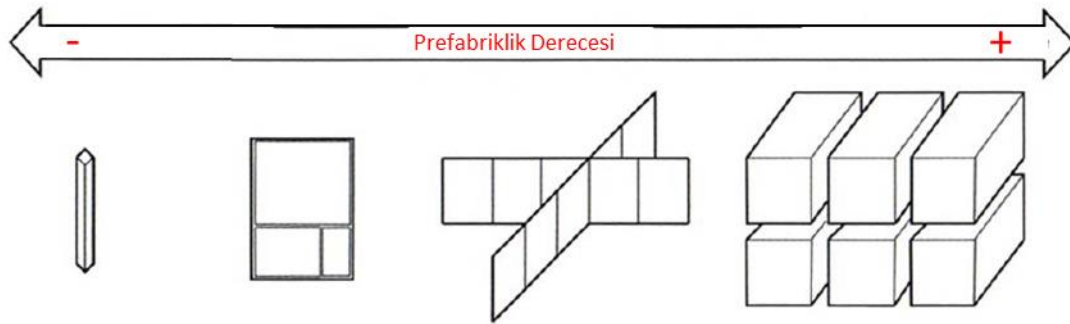
Tablo 1'in devamı

Construction Industry Development Board (CIDB)'in Prefabrike Yapım Sistemleri Sınıflandırması	<ul style="list-style-type: none"> • Betonarme İskelet, Panel ve Hücre Sistem • Çelik Kalıp Sistem • Çelik İskelet Sistem • Ahşap İskelet Sistem • Bloklar 	(Haw ve Abdul Majid, 2009)
---	---	----------------------------

ABD konut sektöründe kullanılan prefabrike sistemler 5 başlık altında toplanmıştır. Bu sistemler; ahşap çerçeve, çelik çerçeve, betonarme, panel ve hücre sistemlerdir (Ngoenchuklin, 2014).

Eşiyok (2000), prefabrike konut yapım sistemlerini malzemeye bağlı olarak sınıflandırmıştır. Çalışılan malzemeler; betonarme, ahşap, çelik, alüminyum ve plastiktir. Eşiyok sınıflandırmasında bu malzemeleri prefabriklik derecesine göre incelemiştir.

Smith (2010), prefabrike yapım sistemlerini prefabriklik derecesine göre sınıflandırmıştır ve 3 başlık altında toplamıştır (Şekil 7). Bu sistemler; iskelet, panel ve hücre sistemdir. Bu sınıflandırma günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 7. Prefabrikasyon derecesine göre prefabrike sistem sınıflandırması (Smith, 2010)

Staib vd. (2008), prefabrike yapım sistemlerini prefabriklik derecesine göre sınıflandırmıştır. İskelet, panel ve hücre olmak üzere 3 başlık altında toplanan sınıflandırma; beton, ahşap ve çelik malzemesine bağlı olarak incelenmiştir.

Shahi (2012), prefabrike yapım sistemlerini prefabrikasyon derecesine göre sınıflandırmıştır. Shahi, bu sınıflandırmayı az bitmişlik derecesinden çok bitmişlik derecesine göre ön mühendisliği yapılmış sistemler (pre-engineered), panel sistemler

(panelized), modüler sistemler (modular) ve imal edilmiş sistemler (manufactured) olarak 4 başlık altında toplamıştır.

Warszawski endüstriyel yapım sistemlerini malzemeye bağlı olarak ve derecesine göre iki farklı şekilde sınıflandırmıştır. Waszawski, endüstriyel yapım sistemlerini malzemeye bağlı olarak ahşap, çelik, betonarme ve yerinde dökme beton olarak 4 başlıkta; derecesine bağlı olarak lineer, iskelet, düzlemsel ve 3 boyutlu kutu olarak yine 4 başlıkta incelemiştir (Kamar vd., 2011).

Türkiye Prefabrike Birliği, prefabrike yapım sistemlerini 5 başlık altında sınıflandırmıştır. Bu başlıklar; iskelet sistem, kolon-döşeme sistem, hücre sistem, taşıyıcı duvar sistem ve karma sistemdir (Kargılı, 2005).

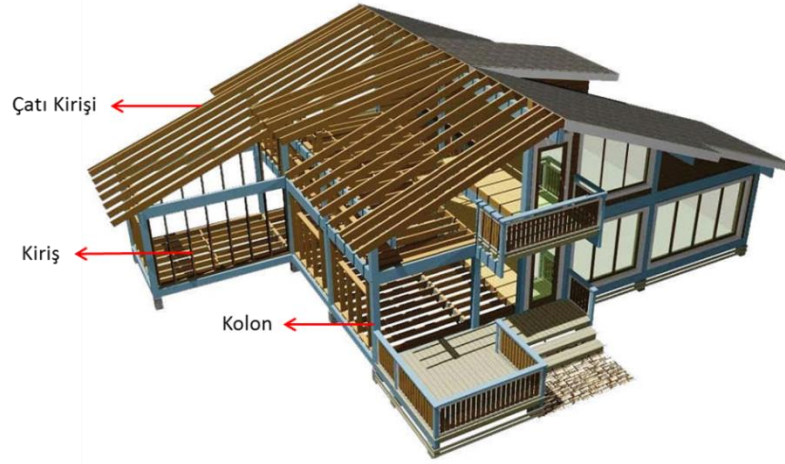
Construction Industry Development Board (CIDB), prefabrike yapım sistemlerini 5 başlık altında sınıflandırmıştır. Bu başlıklar; betonarme iskelet, panel ve hücre sistem, çelik kalıp sistemi, çelik iskelet sistem, ahşap iskelet sistem ve bloklardır. (Haw ve Abdul Majid, 2009).

2.1.2. Prefabrike Yapım Sistemleri

Bu çalışmada, günümüz koşullarına ve konut işlevine uygun olarak, Staib vd. (2008)'nin yaptığı prefabriklik derecesine göre sınıflandırma kullanılmıştır. Çalışmada prefabrike konut yapımında kullanılan sistemler, bitmişlik derecelerine göre (iskelet, panel ve hücre sistemler) ele alınıp; beton, ahşap ve çelik malzemeye bağlı olarak incelenmiştir. Cam, plastik ve alüminyum malzemeleri, yapısal olarak daha az uygun oldukları için inceleme kapsamı dışında bırakılmıştır. Malzeme kullanımları, taşıyıcı sistemde kullanımları kapsamında değerlendirilmiştir.

2.1.2.1. Prefabrike İskelet Sistemler

İskelet sistem, tek boyutu diğer boyutlarına göre fazla uzun olan çizgisel elemanlardan oluşmaktadır. Bu elemanlar kolon/dikme ve kirişlerdir. Kiriş elemanlar yapının döşeme ve çatısından gelen yükleri yatay düzlemde karşılayarak kolonlara; kolonlar ise kendine gelen düşey yükleri temellere aktarmaktadır (Şekil 8). Bu sistem ile geniş açıklıklar geçilebilmekte ve yüksek katlı yapılar yapılabilir. Bu sistem ile geniş açıklıklar geçilebilmekte ve yüksek katlı yapılar yapılabilir.



Şekil 8. İskelet sistemli yapı perspektifi (URL-3, 2018)

Sistemde kolon ve kiriş elemanların stabilitesini sağlamak amacıyla destekleme elemanları kullanılmaktadır. Destekleme elemanları çapraz iskelet elemanlar, bölücü düzlemsel elemanlar veya çekirdek strüktürü olabilmektedir (Baghchesaraei, 2015; Staib vd., 2008).

İskelet sistemde, 2 ve 3 boyutlu elemanlarla (panel ve hücre elemanlar) inşa edilen sistemlerden ayrı olarak, taşıyıcı sistem ile bölücü ve sınırlayıcı elemanlar birbirinden ayrılmaktadır. Bu nedenle iskelet yapım sistemiyle üretilen yapılar, plan tasarımı açısından esnek tasarıma elverişlidir (Staib vd., 2008).

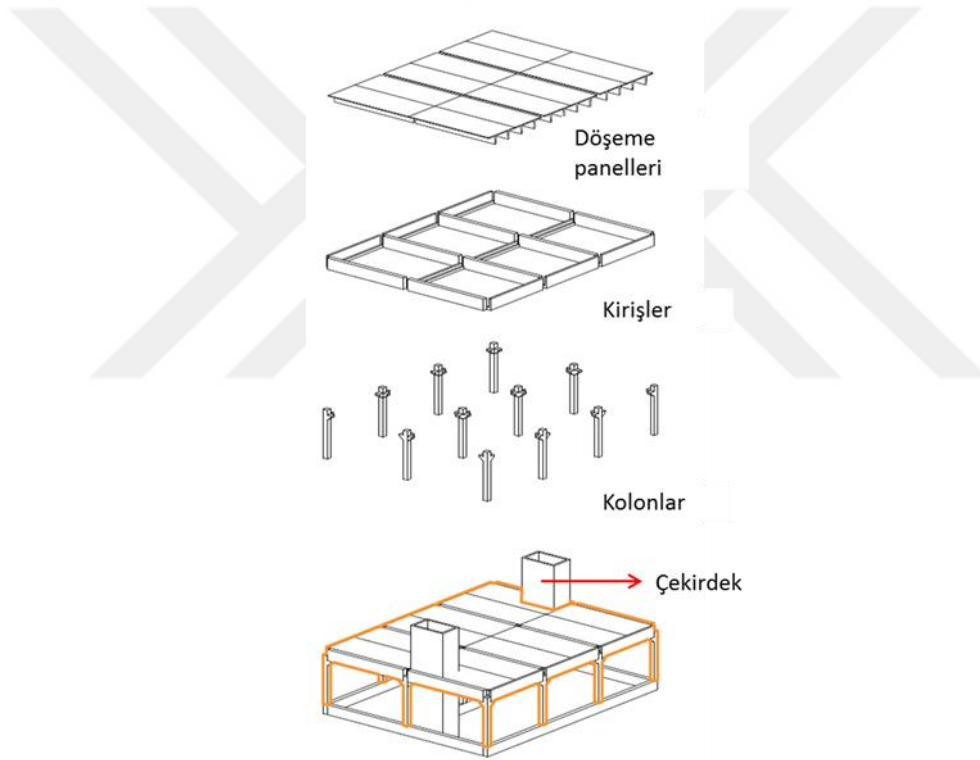
İskelet sistem ile inşa edilen yapıların cephesi, taşıyıcı sistemle uyumlu tasarlanmalıdır. Cephede oluşturulan boşluklar, strüktürel kurgunun sürekliliğini bozmamalıdır (Staib vd., 2008).

İskelet sistem elemanları, duvar, döşeme ve çatı hacimlerinin taşıyıcısı olarak görev alabilmektedir. Bu sistem ile inşa edilen yapılar, birçok bileşenden oluşmaktadır. Bu nedenle sistem elemanlarının prefabrike şekilde üretiminde bitmişlik düzeyi 2 ve 3 boyutlu sistemlere göre daha düşük olmaktadır (Smith, 2010).

İskelet sistemler, farklı malzemelerden üretilebilmektedir. Bu sistemlerin sınıflandırılmasında, elemanlarının süreklilik durumundan veya birbirlerine bağlı konumlarından (taşıyıcı sistem düzeni) yararlanılmaktadır (Staib vd., 2008).

2.1.2.1.1. Prefabrike Beton İskelet Sistemler

Prefabrike beton iskelet sistemler; kolon, kiriş, döşeme panelleri ve bölücü elemanlardan oluşmaktadır (Şekil 9). Sistemin yatay yükleri prefabrike kirişler ve döşeme panelleri aracılığıyla kolonlara; düşey yükleri ise prefabrike kolonlar ve çekirdek aracılığıyla temellere iletilir. Bu sistemde yapının sınırlarını oluşturan elemanlar ile yapının taşıyıcı elemanları birbirlerinden ayrılmıştır. Sistemin sınırlarını oluşturan bölücü elemanların taşıyıcı özelliği bulunmamaktadır. Bu elemanlar bölücü paneller ya da tuğla, gazbeton gibi elemanlar olabilmektedir (Eşiyok, 2000; Kargılı, 2005; Staib vd., 2008).

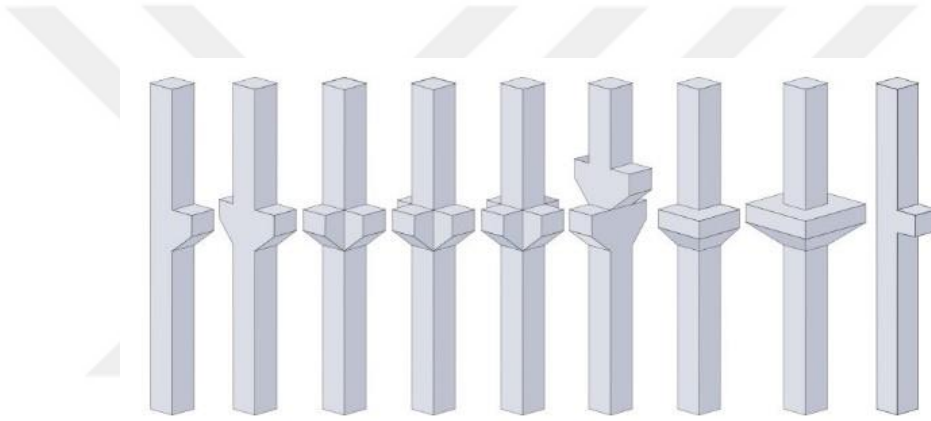


Şekil 9. Prefabrike beton iskelet sistem oluşumu (Anonim, 2009)

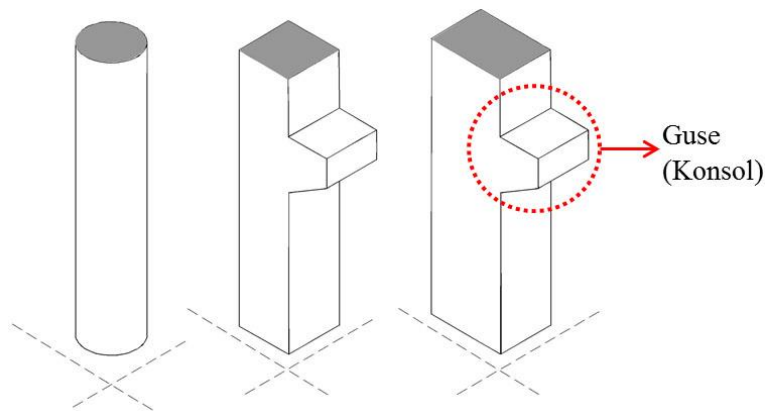
Prefabrike beton iskelet sistemler ile geniş açıklıklar geçilebilir, iç mekan düzenlemelerinde ve cephe uygulamalarında esneklik sağlanabilir. Ancak bu avantajlarının yanı sıra bileşen sayısının ve birleşim noktalarının fazla olmasından dolayı, detaylarda özel önlemler alınmazsa yapı stabilitesinin düşük olma dezavantajı da söz konusudur (Eşiyok, 2000; Kargılı, 2005).

Bu sistemin temel amaçlarından biri üretim, taşıma ve montajda kolaylık sağlamaktır. Fakat sistem elemanlarının çok sayıda çeşitlenmesi ve yapının yüksekliğinin fazla olması bu amacın önüne geçebilmektedir (Kargılı, 2005; Demirkaya, 2009).

Sistemi oluşturan ana elemanlar prefabrike beton kolon ve kirişlerdir. Prefabrike beton kolonlar tek kat yüksekliğinde veya sürekli olacak şekilde birkaç kat yüksekliğinde üretilebilmektedir. Bu elemanların kirişlerle birbirine bağlanacağı bölgelerde çoğunlukla “guse” denen konsollar bulunmaktadır. Guseler kolonun tek kenarında ya da birden çok kenarında farklı şekillerde bulunabilmektedir (Şekil 10). Ayrıca prefabrike beton kolonlar, tasarım ve statik çözüme bağlı olarak çeşitli kesitlerde üretilebilmektedir (Şekil 11) (Staib vd., 2008).

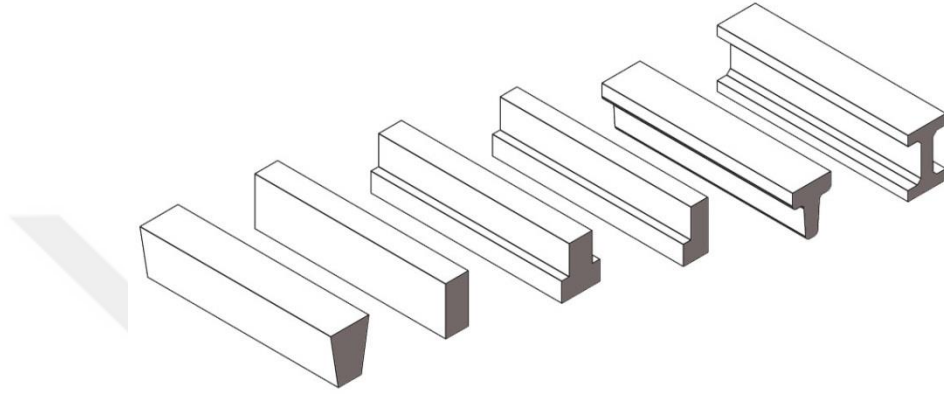


Şekil 10. Prefabrike beton kolonlar ve farklı guse biçimleri (URL-4, 2018)



Şekil 11. Prefabrike beton kolon çeşitleri (Sırasıyla; daire, kare ve dikdörtgen kesitli kolonlar)

Prefabrike beton kirişler, döşeme ve çatı için destekleyici eleman niteliğindedir. Bu elemanlarda, kolon elemanlarda olduğu gibi, sürekli şekilde üretilebilmektedir. Prefabrike beton kirişler, uygulanan detaya göre, döşeme plağıyla aynı düzlemde yer alabilir veya döşeme plağının altına gelebilir. Kirişlerin kesitleri ise çeşitli şekillerde olabilmektedir (Şekil 12) (Staib vd., 2008).



Şekil 12. Prefabrike beton kiriş çeşitleri (Sırasıyla; yamuk, dikdörtgen, ters T, ters L, T ve I kesitli kirişler) (Knaack vd., 2012)

Sistem elemanları birbirlerine cıvatalı, kaynaklı veya yüksek mukavemetli harç kullanılarak monte edilmektedir. Sistemin stabilitesini sağlamak amacıyla kolonlar perde duvarlara veya çekirdeğe kirişler aracılığıyla bağlanmaktadır. Ayrıca duvar plaklarından ve çelik çaprazlamalardan da yapının stabilitesi için yararlanılmaktadır (Eşiyok, 2000; Staib vd., 2008).

Bu sistem ile inşa edilen yapıların çekirdekleri farklı şekillerde üretilebilmektedir. Prefabrike beton iskelet sistem ile çekirdek inşasının yanı sıra, yerinde dökme betonarme ve beton panel sistemlerden de sıklıkla yararlanılmaktadır (Şekil 13). Çekirdek elemanı farklı sistemden oluşan yapılar hibrit yapı olarak kabul edilebilmektedir. Ayrıca prefabrike beton iskelet sistemler, diğer yapı sistemleri ve malzemeleri (ahşap panel, çelik iskelet vb.) ile de kullanılarak hibrit yapı oluşturabilmektedir (Şekil 14).



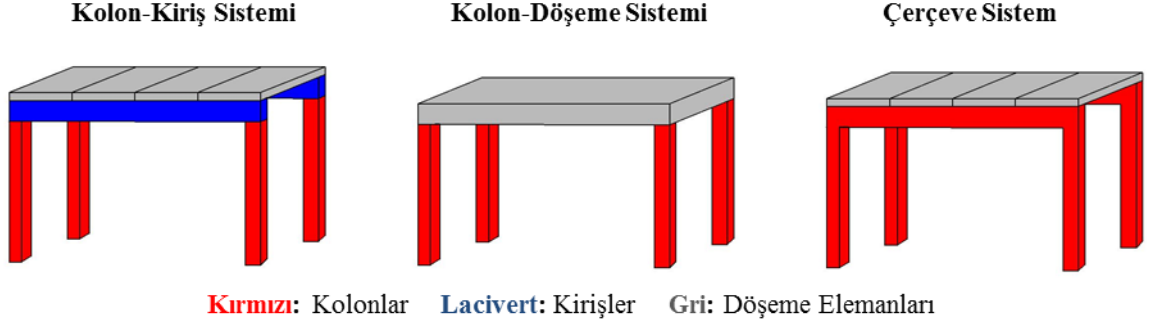
Şekil 13. Prefabriye beton iskelet sistem ile inşa edilmiş çekirdek örneği (fib, 2008)



Şekil 14. Prefabriye beton iskelet sistem ile inşa edilmiş hibrit yapı örneği (URL-5, 2018)

Prefabriye beton iskelet sistemler, yaygın olarak endüstriyel yapılarda kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra bu sistemlerden ticari yapılar ve konutlarda da yararlanılmaktadır. (Knaack vd., 2012).

Prefabriye beton iskelet sistemler, strüktürel elemanlarının kurgulanmasına göre, sistemsel olarak, birbirinden ayrılabilir. Bu çalışmada kolon-kiriş sistemler, kolon-döşeme sistemler ve çerçeve sistemler olmak üzere 3 tip prefabriye beton iskelet sistem türü incelenmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Prefabrike beton iskelet sistem sınıflandırması (Eşiyok, 2000)

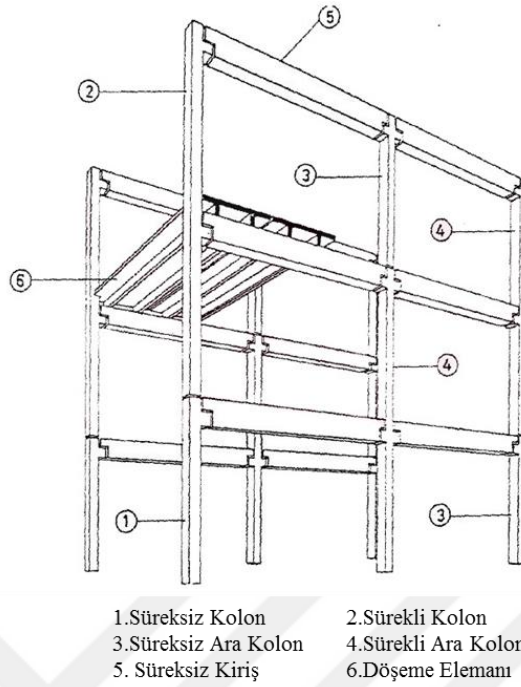
2.1.2.1.1.1. Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Beton İskelet Sistemler

Prefabrike beton iskelet sistemler, strüktürel elemanlarının kurgulanmasına göre 3 başlığa ayrılmıştır ve bu çalışmada konut üretimi kapsamında incelenmiştir:

1. Kolon-kiriş prefabrike beton iskelet sistem
2. Kolon-döşeme prefabrike beton iskelet sistem
3. Çerçeve prefabrike beton iskelet sistem

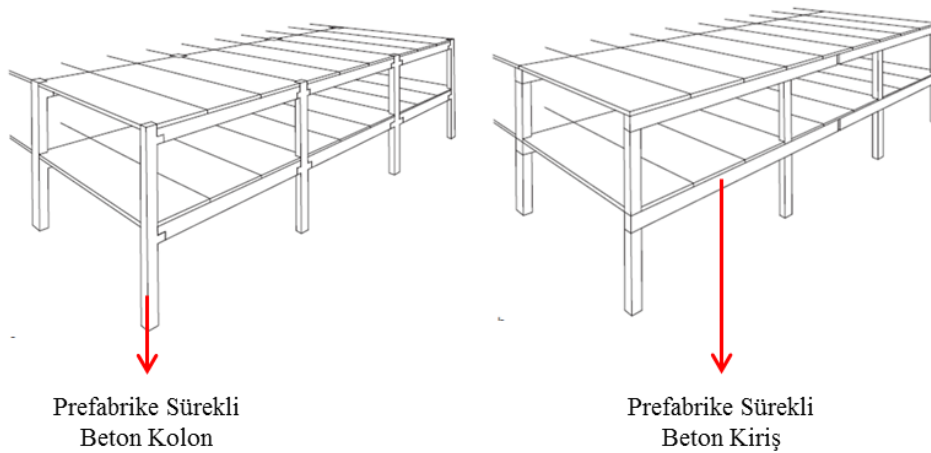
2.1.2.1.1.1.1. Kolon-Kiriş İskelet Sistemler

Sistem elemanları kolon, kiriş ve döşeme elemanlarıdır (Şekil 16). Her bir eleman ayrı ayrı üretilip şantiye alanında birbirlerine monte edilmektedir. Kolon ve kirişler yapının yükleri altında stabiliteyi sağlarken, döşeme elemanları bu yükleri kirişlere ve kolonlara aktarmaktadır (Türkçü, 1988).



Şekil 16. Kolon-kiriş prefabrike beton iskelet sistem perspektifi
(Eşiyok, 2000; Koncz, 1969)

Bu sistem sürekli ve sürekli (tek kat yüksekliğinde) kolon ve kirişler ile üretilebilmektedir (Şekil 17). Sürekli elemanların kullanım amacı birleşim bölgelerini en aza indirerek stabiliteyi maksimum düzeye çıkarmaktır. Her iki eleman tipi de (sürekli veya sürekli elemanlar) yüksek katlı yapı yapmaya olanak tanımaktadır (Eser, 1982).

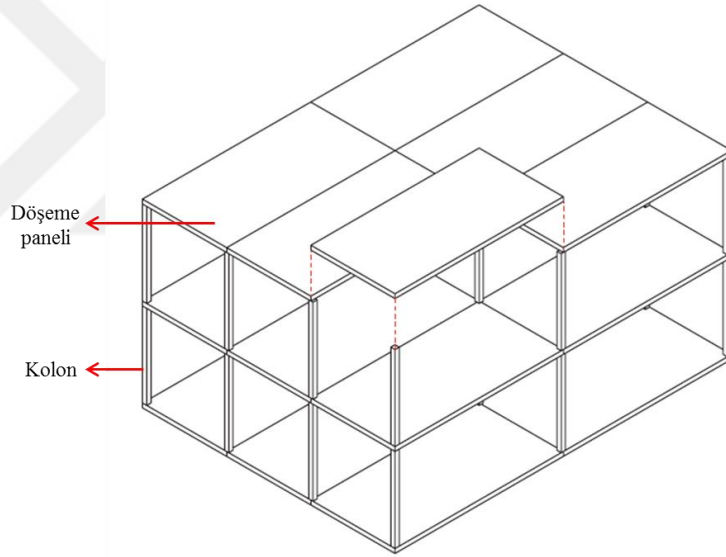


Şekil 17. Sürekli kolon ve kiriş ile kurgulanmış kolon-kiriş sistem perspektifi
(Staub vd., 2008)

Prefabrike sürekli kolonlar 24 m yüksekliğe kadar üretilebilmektedir (URL-4, 2018). Bu elemanların kirişler ile birleşimi guseler (konsol) aracılığıyla olmaktadır. Tek kat yüksekliğinde üretilen prefabrike kolonlar ile kirişlerin birleşimi ise guseler aracılığıyla veya birbiri üstüne oturma yoluyla olabilmektedir (Eser, 1982; Staib, 2008).

2.1.2.1.1.2. Kolon-Döşeme İskelet Sistemler

Sistem prefabrike beton kolonlar ve döşeme panellerinden oluşmaktadır. Sistem, döşeme panellerinin yüklerini kolonlara aktarmasına dayanmaktadır (Şekil 18). Kolonlar ve paneller ayrı ayrı üretilerek şantiye alanında monte edilmekte; paneller, nervürlü veya nervürsüz olabilmektedir (Türkçü, 1988).



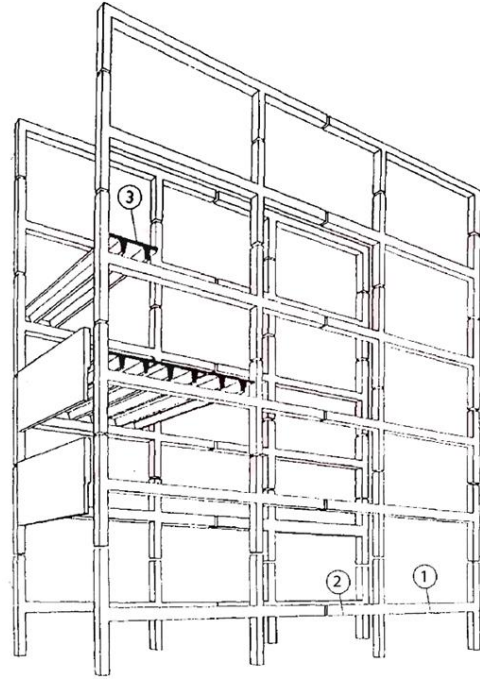
Şekil 18. Kolon-döşeme prefabrike beton iskelet sistem perspektifi (Knaack vd., 2012)

Kolon-döşeme sistemlerde kullanılan döşeme panelleri genellikle çift taraflı yük aktarımı yapan panellerdir, ancak yaygın olmasa da tek tarafa yük aktaran paneller de kullanılmaktadır. Sistemde kullanılan prefabrike kolonlar kat yüksekliğindedir ve çoğunlukla ön gerilmeli olarak üretilmektedir. Panellerin ağırlıkları, üretim ve taşıma olanakları sebebiyle bu sistemle geçilen açıklıklar sınırlı kalmaktadır (Eşiyok, 2000; Kargılı, 2005).

Bu sistemde iki farklı yapı eleman grubu kullanılmaktadır. Bunlar iskelet sistem elemanı (kolonlar) ve panel sistem elemanıdır. Birden fazla malzeme ve yapı sınıfından elemanların oluşturduğu yapılar hibrit yapı grubuna dahildir ancak bu sistemin ana elemanı prefabrike beton kolonlardır ve sistem literatürde iskelet sistem sınıfında kabul edilmektedir.

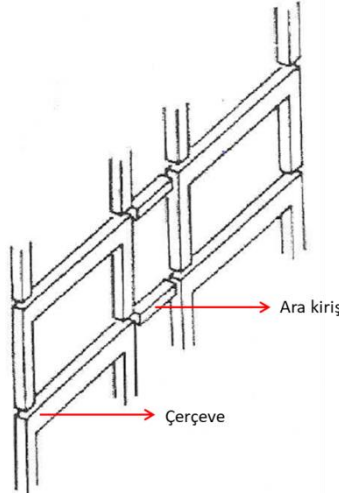
2.1.2.1.1.3. Çerçeve İskelet Sistemler

Çerçeve sistemler, panel sistemlere geçiş niteliğindedir. Kolon ve kirişler birlikte üretilerek bileşen sayısı ve birleşim bölgesi azaltılmaktadır (Şekil 19). Bu çerçeveler tek kat veya birkaç kat yüksekliğinde üretilmektedir. Çerçevelerin şekilleri H, ters L ve T şeklinde olabilmektedir. Konut üretiminde çoğunlukla H formlu çerçeve kullanılmaktadır. Çerçeveler yan yana gelirken iki kolonun birleşmemesi için ara kirişler kullanılabilir (Şekil 20) (Demirkaya, 2009; Eşiyok, 2000).



1.H Çerçeve 2.Çerçeve konsolu 3.Döşeme elemanı

Şekil 19. Çerçeve prefabrike beton iskelet sistem perspektifi (Eşiyok, 2000; Koncz, 1969)



Şekil 20. Çerçeve ve ara kiriş bağlantı perspektifi
(Demirkaya, 2009)

Çerçeve sistem ile inşa edilen yapıların döşemesinde panel elemanlar kullanılmaktadır. Çerçevelerin boşluklu gözlerine monte edilen bölücü elemanlar, yapının sınırını oluşturmaktadır. Sistemin dezavantajı, taşıma ve montaj konusunda ortaya çıkan sorunlardır.

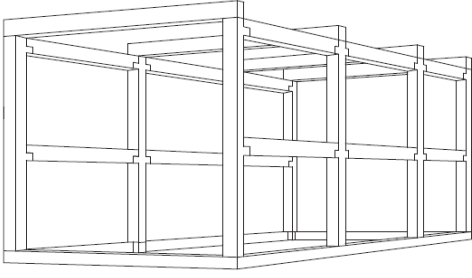




2.1.2.1.1.2. Prefabrike Beton İskelet Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri

Prefabrike beton iskelet yapım sistemleri, konutlarda kullanımına göre kolon-kiriş, kolon-döşeme ve çerçeve iskelet sistemler olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır. Bu sistemlerin konutlarda kullanımları, Tablo 2 - 4’de örnekler ile gösterilmiştir.


Tablo 2. Kolon-kiriş prefabrike beton iskelet sistem uygulama örneği (Staib vd., 2008)

Yapının Adı	House in Gams	
Yapının Mimarı	Christian Wagner, Trübbach Jürg Graser	
Yapım Yeri	Gams, İsviçre	
Yapım Yılı	1995	
Kat Sayısı	2	
Strüktürel Kurgu	Kolon-kiriş beton iskelet sistem	
Strüktür Malzemesi	Betonarme	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Kolon-kiriş beton iskelet sistem	
Duvarlar	Ahşap taşıyıcılı panel	

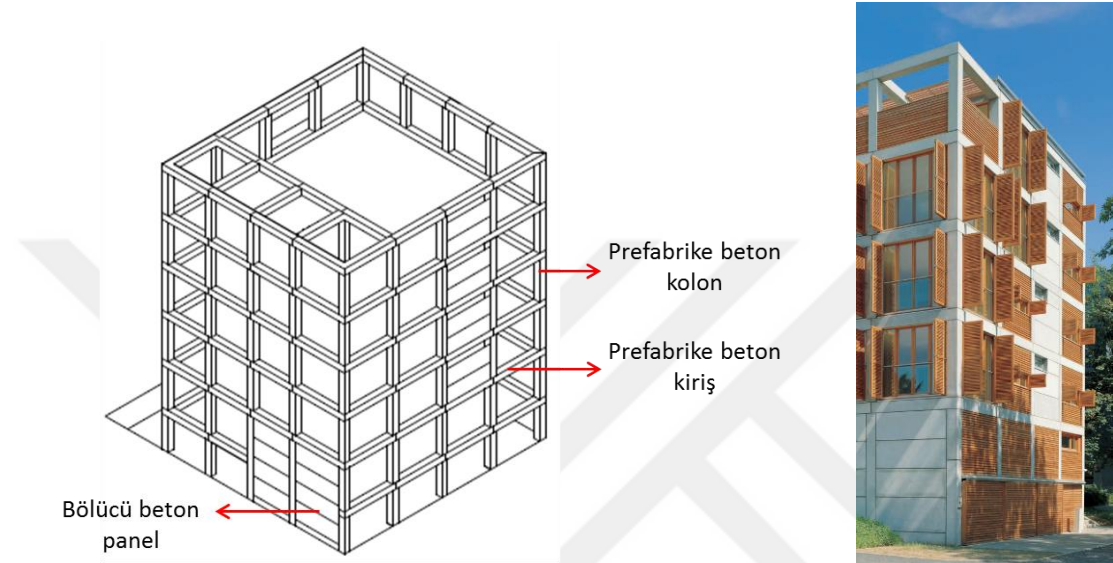
Tablo 2'nin devamı

Döşemeler	Ahşap taşıyıcılı panel	
Çatı	Ahşap iskelet çatı sistemi	
Çekirdek	Beton merdiven	
Strüktürel Anlatım	2 katlı konut, prefabrike beton kolon ve kirişler kullanılarak inşa edilmiştir. Kolonlar, 2 kat yüksekliğindedir; kirişler ara kat döşemesinde kolonların guselerine, tavan döşemesinde kolonların üstüne oturarak taşıyıcı sistemi oluşturmaktadır. Sistemin bölücülerinde ahşap taşıyıcı panel kullanılmıştır. Çatı ise geleneksel ahşap iskelet sistem ile yapılmıştır.	
Fotoğraflar		
    		
House in Gams yapım aşaması		

Tablo 3. Kolon-kiriş prefabrike beton iskelet sistem uygulama örneği (URL-6, 2018)

Yapımın Adı	Stadvilla Apartmanı	
Yapımın Mimarı	Alexander Reichel	
Yapım Yeri	Kassel, Almanya	
Yapım Yılı	1999	
Kat Sayısı	6	
Strüktürel Kurgu	Kolon-kiriş beton iskelet sistem	
Strüktür Malzemesi	Betonarme	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Kolon-kiriş beton iskelet sistem	
Duvarlar	Beton panel	
Döşemeler	Beton panel	
Çatı	Kolon-kiriş beton iskelet sistem ve beton panel – Düz çatı	

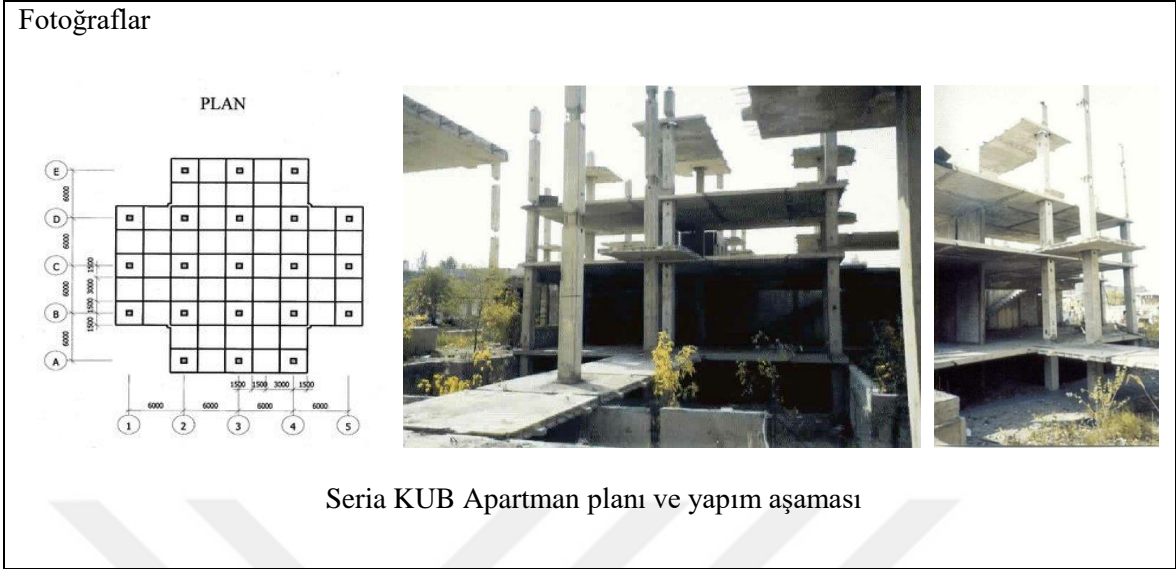
Tablo 3'ün devamı

Çekirdek	Beton merdiven	
Strüktürel Anlatım	Standvil apartmanı, prefabrike beton kolon ve kirişler kullanılarak inşa edilmiştir. Kolonlar, tek kat yüksekliğindedir; kirişler kolonların üstüne oturarak taşıyıcı sistemi oluşturmaktadır. Sistemin bölücülerinde beton paneller kullanılmıştır.	
Fotoğraflar	 <p style="text-align: center;">Stadvilla Apartmanı</p>	

Tablo 4. Kolon-döşeme prefabrike beton iskelet sistem uygulama örneği (URL-7, 2018)

Yapının Adı	Seria KUB	
Yapının Mimarı	-	
Yapım Yeri	Kırgızistan	
Yapım Yılı	1980-1989	
Kat Sayısı	8	
Strüktürel Kurgu	Kolon-döşeme beton iskelet sistem	
Strüktür Malzemesi	Betonarme	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Kolon-döşeme beton iskelet sistem	
Duvarlar	Beton panel	
Döşemeler	Beton panel	
Çatı	-	
Çekirdek	Beton merdiven	
Strüktürel Anlatım	Seria KUB konutu, Sovyetler Birliği döneminde sıkça uygulanan kolon-döşeme sistemle inşa edilmiş bir yapıdır. Konutu oluşturan elemanlar prefabrike kolonlar ve döşeme panelleridir. Bu sistem ile inşa edilen konutların kolon yükseklikleri tek kat yükseklikte olurken, Seria KUB apartmanında kolonlar 2 veya 3 kat yüksekliğindedir.	

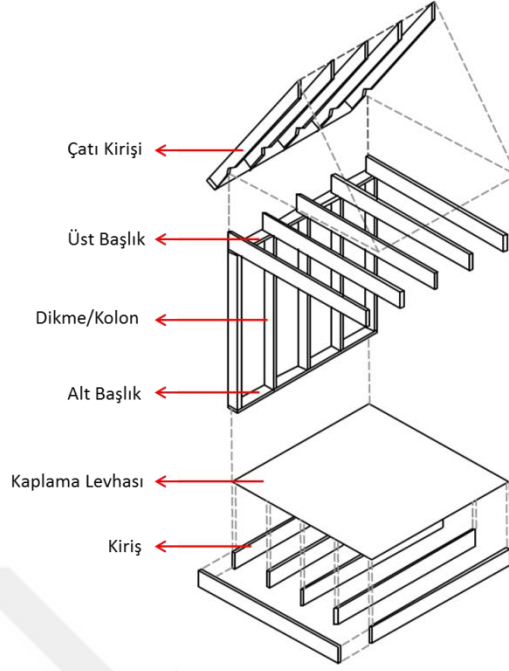
Tablo 4'ün devamı



2.1.2.1.2. Prefabrike Ahşap İskelet Sistemler

Ahşap iskelet sistem kullanımı çok eski tarihlere dayanmaktadır. Ahşabın doğal hali ve lineer karakterde oluşu, ahşabın strüktürel olarak kullanımında iskelet sisteme yönelimi beraberinde getirmektedir. Betonarme ve çelik malzemelerinin gelişmesiyle, ahşap iskelet sisteminin kullanımı yaygınlığını kaybetmiştir. Daha sonra özellikle ABD’de konut ihtiyacının artmasıyla geliştirilen prefabrike ahşap iskelet sistem ile konut yapımı oldukça yaygınlaşmıştır ve günümüzde ABD’de bulunan konutların büyük bir bölümü prefabrike ahşap iskelet sistem ile yapılmıştır (Parlar, 2000).

Prefabrike ahşap iskelet sistemler; yapı yüklerinin dikme ve kirişler aracılığıyla zemine aktarıldığı sistemlerdir (Şekil 21). Sistem elemanları taşıyıcı çubuk (dikme, kiriş ve çaprazlar), dolgu (yalıtım malzemeleri, tuğla vb.) ve kaplama elemanlarıdır (ahşap levhalar vb.). Sistem elemanları doğal ahşap ve yapay ahşap malzemedен üretilebilmektedir.



Şekil 21. Prefabrike ahşap iskelet sistem perspektifi (Smith, 2010)

Doğal ahşap, şantiye ve atölye gibi küçük üretim alanlarında modüler boyutta kesilir ve birleşim detayları önceden hazırlanabilir. Bu yapım mantığı nedeniyle doğal ahşap da prefabrike yapım sistemleri içine girmektedir.

Doğal ahşap, homojen yapısının neden olduğu yapısal kusurları ve düşük mukavemet gücü nedeniyle yeni ihtiyaçlar karşısında kullanışsız kalmıştır. Bu nedenle yapay ahşap elemanlar geliştirilmiştir. Yapay ahşaplar, ahşap veya ahşap özlü parçaların bağlayıcı elemanlar aracılığıyla birleştirilerek homojen ve izotrop malzeme halini aldığı ürünlerdir. Bu ürünler ile doğal ahşabın neden olduğu yapısal kusurlar minimum düzeye indirilmiştir ve yüksek katlı yapılar üretilmeye başlanmıştır (Öztank, 2004).

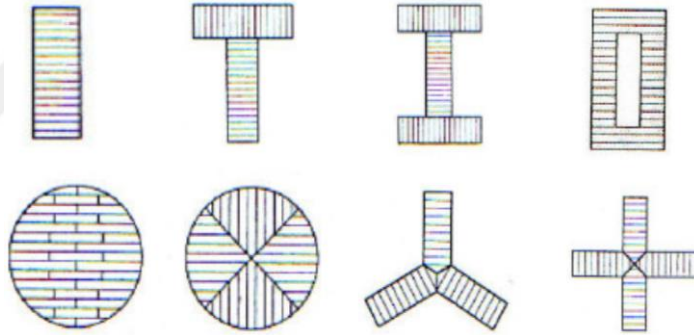
Ahşap malzeme ile üretilmiş 5 farklı yapay iskelet sistem elemanı bulunmaktadır. Bu elemanlar çam, ladin, köknar gibi ağaçlardan elde edilir; dikme, kiriş, alt-üst başlık ve mertek olarak kullanılabilir. Yapay ahşap iskelet sistem elemanları; tutkallı tabakalı ahşap, tabakalı yonga ahşap, paralel yonga ahşap, tabakalı kaplama ahşap ve I kirişlerdir (Öztank, 2004; Yılmaz, 2011).

Tutkallı tabakalı ahşap (Glued Laminated Timber), değişik ölçülerde bağımsız ahşap tabakaların kontrollü fabrika ortamlarında özel bağlayıcılar ile birleştirilmesiyle oluşmaktadır (Şekil 22). Bu elemanlar kolon, ana kiriş ve makas yapımlarında

kullanılabilmekte; yüksek mukavemetleri nedeniyle geniş açıklıklar geçebilmektedir. Farklı ebatlar, şekiller ve kesitlerde üretilen elemanlar, konutlarda yaygın olarak dikdörtgen kesitli olarak kullanılmaktadır (Şekil 23) (Öztank, 2004; Parlar, 2000; Yılmaz, 2011).



Şekil 22. Tutkallı tabakalı ahşap (URL-8, 2018)



Şekil 23. Tutkallı tabakalı ahşap iskelet sistem eleman kesit örnekleri (alıntılayan Kayalar, 2010) (aktaran Natterer, 1976)

Tabakalı yonga ahşap (Laminated Strand Lumber – LSL), kullanışsız hale gelmiş tomrukların 30 cm uzunlukta kesilerek yongalar haline getirildikten sonra kurutularak yapıştırıcı ile birleştirilmesiyle elde edilir. Daha sonra preslenen elemanlar, düzlemsel bir yapı haline gelir. Düzlemsel elemanlar istenilen boyutlarda kesilerek çubuk elemanlar elde edilir (Şekil 24). Bu elemanlar kolon ve kiriş yapımlarında kullanılabilmektedir. Böylece kalitesiz ve kullanışsız parçalar endüstriye kazandırılmış olur (Öztank, 2004; Yılmaz, 2011).



Şekil 24. Tabakalı yonga ahşap (URL-9, 2018)

Paralel yonga ahşap (Parallel Strand Lumber – PSL), LSL’ye benzer bir elemandır. Aralarındaki fark yongaların boyutları ve düzenleme şekillerinden kaynaklanmaktadır. Tomruklardan 120 cm ile 240 cm arasında yongalar kesilir. Paralel olarak düzenlenen yongalar birbirine yapıştırılır ve preslenerek düzlemsel eleman elde edilir. Düzlemsel elemandan istenilen boyutlarda kesilerek çubuk elemanlar elde edilir (Şekil 25). Bu elemanlar kolon, ana kiriş, ara kiriş ve kenar kirişi olarak kullanılabilir. Bu elemanların diğer kompozit elemanlara göre rijitliği ve dayanımı oldukça yüksektir. Bu nedenle nitelikli ahşap yapılarda kullanım olanağı bulabilmektedir (Öztank, 2004; Parlar, 2000; Yılmaz, 2011).



Şekil 25. Paralel yonga ahşap (URL-10, 2018)

Tabakalı kaplama ahşap (Laminated Veneer Lumber – LVL), OSB levhaların yapım tekniği ile üretilmektedir. Hemen her boyda ahşap malzemenin aynı lif doğrultusunda yapıştırılarak preslenmesi ile elde edilen LVL, yüksek mukavemet gücü ile çok geniş

açıklıklar geçebilmektedir (Şekil 26). Kolon, ana kiriş, çerçeve elemanlar ve I kirişlerin başlıkları olarak kullanılabilir. Masif yapıda elde edilen LVL plaklardan istenilen boyutlarda kesilerek çubuk elemanlar elde edilmektedir (Öztank, 2004; Parlar, 2000; Yılmaz, 2011).



Şekil 26. Tabakalı kaplama ahşap (URL-11, 2018)

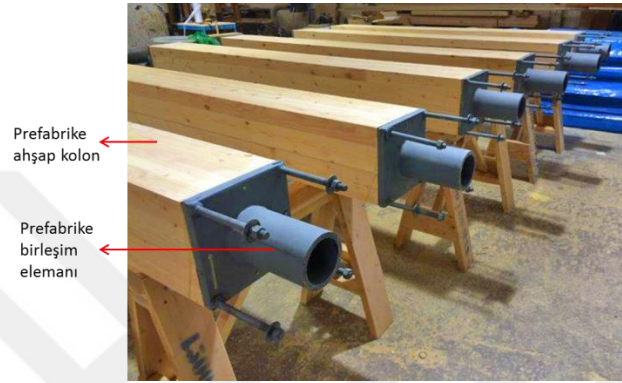
I kirişler (I Joists), alt-üst başlık ve gövdeden oluşur (Şekil 27). Başlıklar masif ahşap, tutkallı ahşap veya tabakalı kaplama ahşaptan; gövde ise kontrplak veya yönlendirilmiş yonga levhadan oluşmaktadır. Çelik I kirişte olduğu gibi ismini, şeklinden dolayı almıştır. Başlıklara açılan yuvalara gövde elemanın yapıştırılarak preslenmesi ile üretilir. Geniş açıklıklar geçebilen ahşap I kirişler, döşeme ve çatı kirişlerinde kullanılır (Öztank, 2004; Parlar, 2000; Staib vd., 2008).



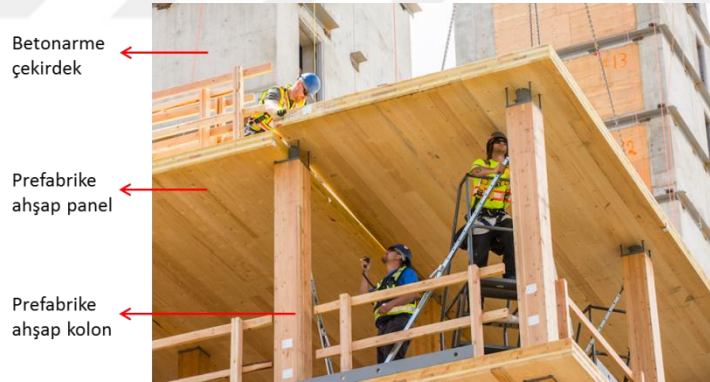
Şekil 27. Prefabriğe ahşap I kiriş (URL-12, 2018)

Prefabriğe ahşap iskelet sistemler, konut, ticari, endüstriyel gibi her tür yapıda kullanılmaya elverişlidir. Sistem elemanları metal elemanlar aracılığıyla birleştirilir.

Birleştirme elemanları önceden imal edilmiş şekilde hazır olarak şantiye alanına getirilebilmektedir (Şekil 28). Sistemin rijitliği çoğunlukla çapraz çubuk elemanlarla sağlanır. Bunun yanı sıra prefabrike ahşap iskelet sistemler farklı yapım sistemleri ile birlikte kullanılarak hibrit yapıya uygundur (Şekil 29). Hibrit yapı sistemi içerisinde genellikle farklı malzemelerden üretilmiş çekirdek elemanlara ve panellere bağlanarak sistemin rijitliği artırılmaktadır (Staib vd., 2008).

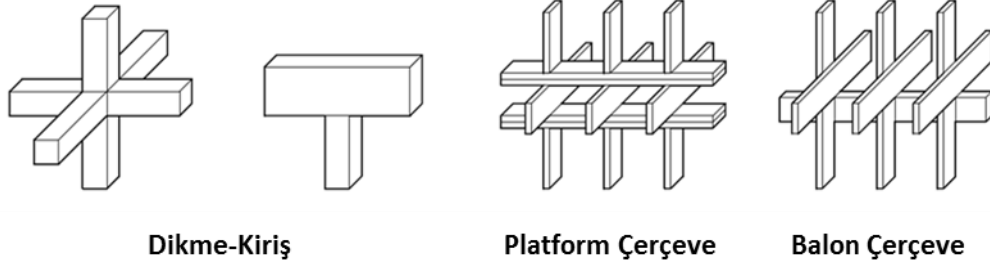


Şekil 28. Prefabrike ahşap kolon birleşim elemanı örneği (URL-13, 2018)



Şekil 29. Prefabrike ahşap iskelet sistem ile inşa edilmiş hibrit yapı örneği (URL-14, 2018)

Prefabrike ahşap iskelet sistemler, strüktürel elemanlarının kurgulanmasına göre, sistemsel olarak, birbirinden ayrılabilir. Bu çalışmada dikme-kiriş sistem, platform çerçeve sistem ve balon çerçeve sistem olmak üzere 3 tip prefabrike ahşap iskelet sistemi incelenmiştir (Şekil 30).



Şekil 30. Prefabrike ahşap iskelet sistem sınıflandırması (Smith, 2010)

2.1.2.1.2.1. Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Ahşap İskelet Sistemler

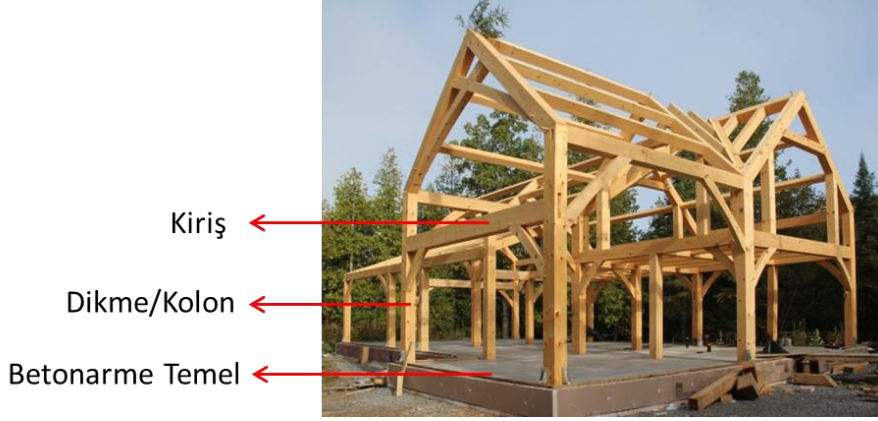
Prefabrike ahşap iskelet sistemler, strüktürel elemanlarının kurgulanmasına göre 3 başlığa ayrılmıştır ve bu çalışmada konut üretimi kapsamında incelenmiştir:

1. Dikme-kiriş prefabrike ahşap iskelet sistem
2. Platform çerçeve prefabrike ahşap iskelet sistem
3. Balon çerçeve prefabrike ahşap iskelet sistem

2.1.2.1.2.1.1. Dikme-Kiriş İskelet Sistemler

Sistem elemanları dikme, kiriş ve çapraz elemanlardır. Bu elemanlar doğal ahşap veya yapay ahşaptan elde edilebilmektedir. Sistemin temeli betonarme veya kagir malzemelerden imal edilmektedir. Dikmelerin arası çoğunlukla yalıtım malzemeleri ile doldurularak kaplama levhaları ile kaplanmaktadır. Sistemin rijitliği çapraz iskelet elemanlar ile sağlanmaktadır (Ayaz, 2011).

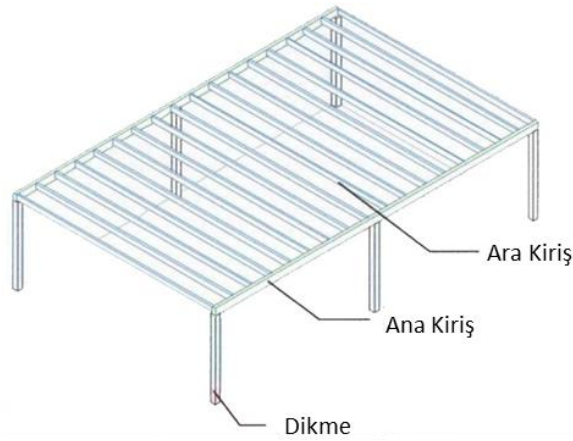
Sistemin düşey yüklerini taşıyan dikme elemanlar 2 m ile 5 m aralıklı olarak dizilir. Bu dikmeleri birbirine ana kirişler bağlamaktadır (Şekil 31). Ana kirişlerin üstüne veya yan tarafına ara kirişler gelmektedir. Dikmeler ve ana kirişlerin minimum kesit boyutları 15x15 cm olmalıdır. Sistem elemanları doğal ahşap ise, geleneksel birbirine geçme metodu veya metal elemanlar ile bağlanırken; yapay elemanlar ile inşa edilen sistemler metal elemanlar aracılığıyla monte edilmektedir (Öztank, 2004).



Şekil 31. Prefabrike ahşap kolon kiriş iskelet sistem örneği (URL-15, 2018)

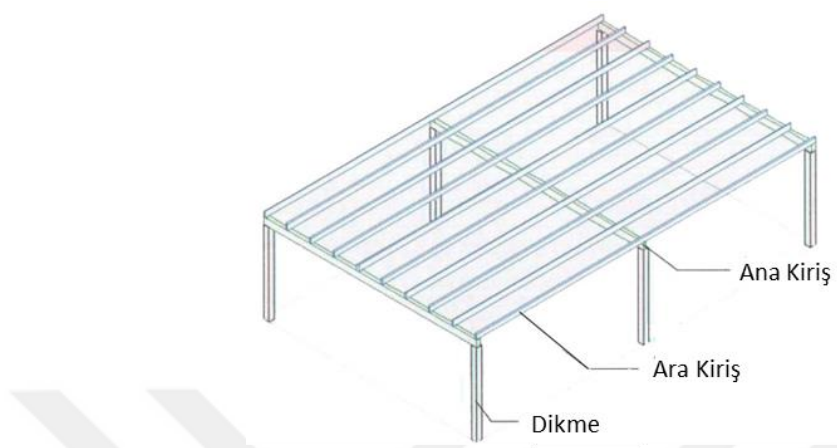
Dikme-kiriş prefabrike ahşap sistemler, yapım yöntemine göre 2'ye ayrılmaktadır (Öztank, 2004):

1. Tek katlı, basit mesnet kirişler: bu sistem kendi arasında 3 farklı şekilde üretilebilmektedir:
 - a. Uzun açıklık doğrultusunda ana kirişler, kısa açıklık doğrultusunda ara kirişler konulur. Ara kirişler, ana kirişlerin üstüne veya yan tarafına monte edilebilirler (Şekil 32).



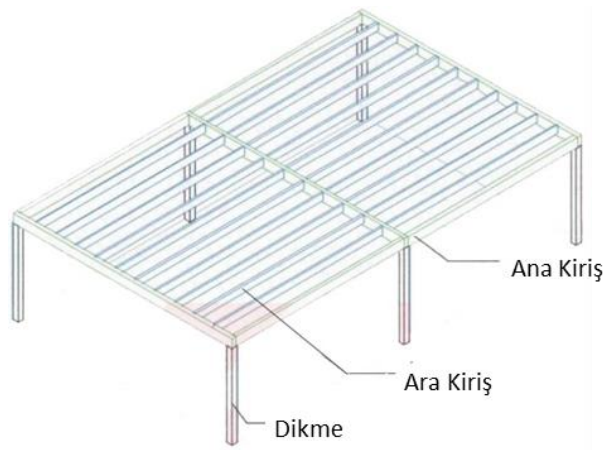
Şekil 32. Uzun açıklık doğrultusunda ana kirişlerin oluşturduğu sistem perspektifi (Öztank, 2004)

- b. Kısa açıklık doğrultusunda ana kirişler, uzun açıklık doğrultusunda ara kirişler konulur. Ara kirişler, ana kirişlerin üzerine monte edilir (Şekil 33).



Şekil 33. Kısa açıklık doğrultusunda ana kirişlerin oluşturduğu sistem perspektifi (Öztank, 2004)

- c. Uzun ve kısa açıklık doğrultusunda ana kirişler konulur. Ara kirişler, ana kirişlerin arasına monte edilir (Şekil 34).



Şekil 34. Uzun ve kısa açıklık doğrultusunda ana kirişlerin oluşturduğu sistem perspektifi (Öztank, 2004)

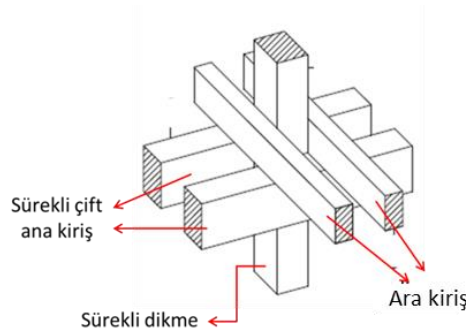
2. Sürekli dikme ve kirişler; bu sistem kendi arasında 4 farklı şekilde üretilebilmektedir:

- a. Tek kat yüksekliğinde dikme ve sürekli kirişlerden oluşan sistemdir. Kirişler birkaç dikme boyunca devam etmektedir. Dikmeler birbirlerine metal elemanlar ile bağlanmaktadır (Şekil 35).

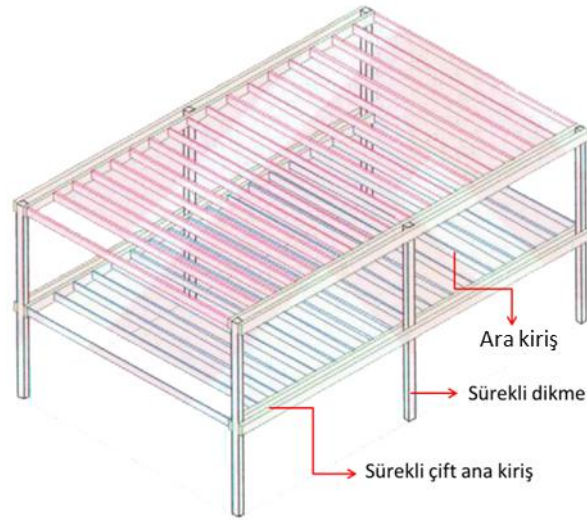


Şekil 35. Sürekli kiriş ve süreksiz dikmeden oluşan sistem perspektifi (Öztank, 2004)

- b. Sistem 2 kat yüksekliğinde sürekli dikme ve bu dikmenin iki yan tarafına monte edilen çift kirişten oluşur (Şekil 36). Çift kiriş yapının kısa mesnet doğrultusunda sürekli şekilde devam etmektedir. Yapının uzun mesnet tarafına ara kirişler monte edilmektedir. Ara kirişler ana kirişlerin yan tarafına veya üstüne bağlanabilmektedir (Şekil 37).

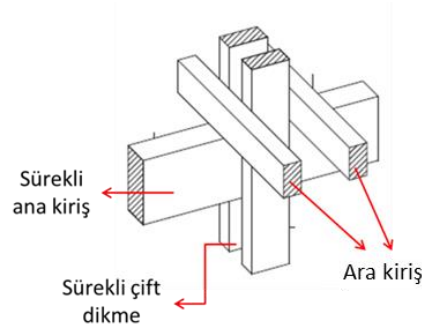


Şekil 36. Çift kiriş-tek dikme sistem perspektifi (Staib vd., 2008)

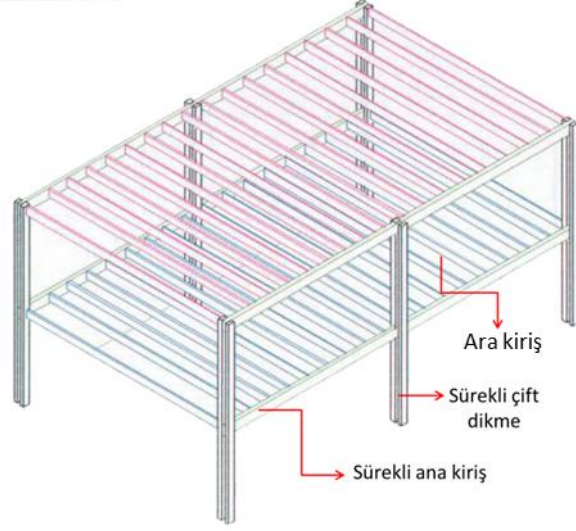


Şekil 37. Sürekli çift kiriş ve sürekli dikmeden oluşan sistem perspektifi (Öztank, 2004)

- c. Sistem 2 kat yüksekliğinde sürekli çift dikme ve bu dikmelerin arasına monte edilen sürekli kirişten oluşur (Şekil 38). Sürekli kiriş yapının kısa mesnet doğrultusundadır. Yapının uzun mesnet tarafına ara kirişler monte edilmektedir. Ara kirişler ana kirişlerin yan tarafına veya üstüne bağlanabilmektedir (Şekil 39).

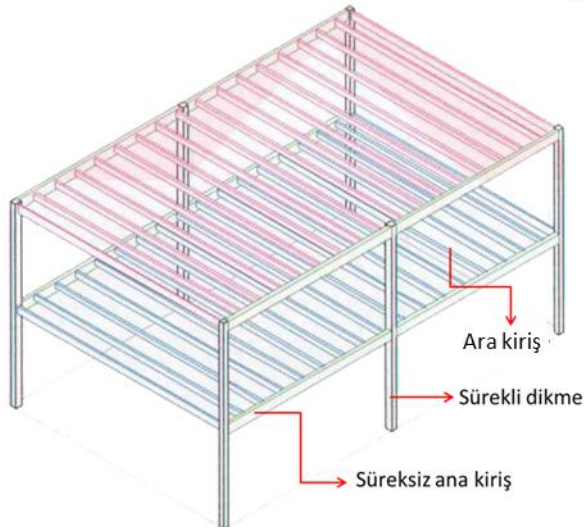


Şekil 38. Çift kiriş-çift dikme sistem perspektifi (Staib vd., 2008)



Şekil 39. Sürekli çift dikme ve sürekli ana kirişten oluşan sistem perspektifi (Öztank, 2004)

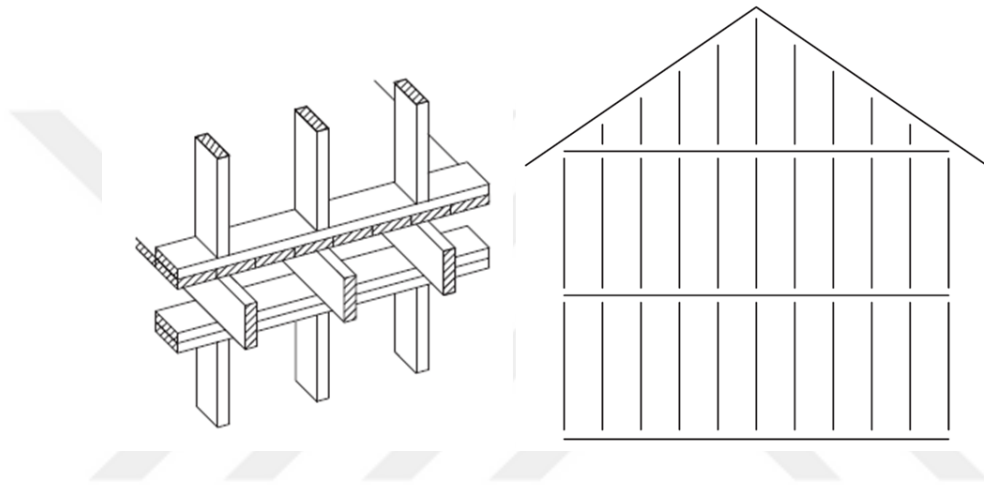
- d. Sistem 2 kat yüksekliğinde sürekli dikme ve bu dikmelere yandan bağlanan süreksiz ana kirişlerden oluşur (Şekil 40).



Şekil 40. Sürekli dikme ve süreksiz ana kirişten oluşan sistem perspektifi (Öztank, 2004)

2.1.2.1.2.1.2. Platform Çerçeve İskelet Sistemler

Bu sistemde dikmeler kat yüksekliğindedir. Kirişler alt katın üst başlığı ile üst katın alt başlığı arasında konumlanmaktadır (Şekil 41). Sistemde yaygın olarak 5x10 ve 5x15 cm boyutlarında ahşap çubuk elemanlar kullanılmaktadır. Sistem elemanları dikme, kiriş ve çapraz iskelet sistem elemanlarıdır. Platform çerçeve sistem, iskelet sistem ile panel sistem arasında geçiş niteliğindedir (Knaack vd., 2012; Parlar, 2000; Smith, 2010; Staib, 2008).



Şekil 41. Platform çerçeve prefabrike ahşap iskelet sistemde yatay ve düşey taşıyıcı elemanların konumlandırılması (Knaack vd., 2012; Staib vd., 2008)

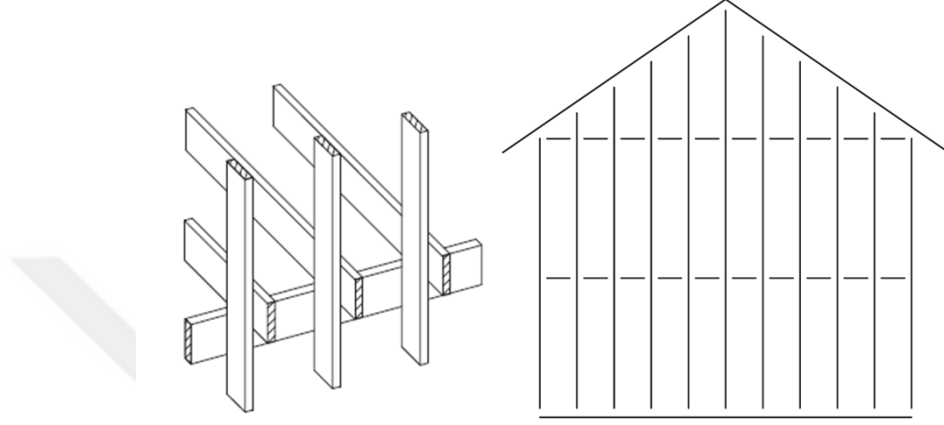
Platform çerçeve sistemde dikmeler genellikle 30-60 cm sıklıkla yerleştirilir. Taşıyıcı duvar dikmelerinde bu mesafe 30 cm'e kadar inebilirken, bölücü duvarlarda yaygın olarak 60 cm mesafe bırakılmaktadır (Öztank, 2004).

19. yy.'da kullanıma başlayan ve halen günümüzde yaygın olarak kullanılan sistem, yüksek katlı ahşap yapı üretimine uygundur. Bu sistem ile konut, otel ve yurt gibi yapılar yapmak mümkündür (Ayaz, 2011; Öztank, 2004).

2.1.2.1.2.1.3. Balon Çerçeve İskelet Sistemler

Bu sistemde dikmeler sürekli ve yüksekliği çatı seviyesine kadar çıkmaktadır. Kirişler kat seviyelerinde sürekli dikmelere yandan monte edilmektedir ve döşemeyi oluşturmaktadır (Şekil 42). Sistemde, platform çerçeve sistemde olduğu gibi, yaygın olarak

5x10, 10x10 ve 5x15 cm boyutlarında ahşap çubuk elemanlar kullanılmaktadır. Sistem elemanları dikme, kiriş ve çapraz iskelet sistem elemanlarıdır. Balon çerçeve sistem, iskelet sistem ile panel sistem arasında geçiş niteliğindedir (Knaack vd., 2012; Parlar, 2000; Smith, 2010; Staib, 2008).



Şekil 42. Balon çerçeve prefabrike ahşap iskelet sistemde yatay ve düşey taşıyıcı elemanların konumlandırılması (Knaack vd., 2012; Staib vd., 2008)

Balon çerçeve sistemde duvarları oluşturan taşıyıcı sürekli dikmeler 40 cm aralıklarla konumlandırılmaktadır (Smith, 2010).

19. yy.'ın başlarında kullanıma başlayan balon çerçeve sistem kullanımı, prefabrikasyona uyum konusunda başarısızlıklar yaşamıştır ve kullanımı yaygınlığını kaybetmiştir. Bu sistem ile 2 kata kadar yapı yapılabilmektedir ve kullanım alanı müstakil konut ile sınırlıdır (Ayaz, 2011; Knaack vd., 2012; Smith, 2010).

2.1.2.1.2.2. Prefabrike Ahşap İskelet Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri

Prefabrike ahşap iskelet yapım sistemleri, konutlarda kullanımlarına göre dikme-kiriş, platform çerçeve ve balon çerçeve iskelet sistemler olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır. Bu sistemlerin konutlarda kullanımları, Tablo 5 - 7'de örnekler ile gösterilmiştir.

Tablo 5. Dikme-kiriş prefabrike ahşap iskelet sistem uygulama örneği (URL-16, 2018; URL-17, 2018)

Yapının Adı	Vallen in Växjö	
Yapının Mimarı	LBE arkitekt AB	
Yapım Yeri	Växjö, İsveç	
Yapım Yılı	2015	
Kat Sayısı	9	
Strüktürel Kurgu	Dikme-kiriş ahşap iskelet sistem	
Strüktür Malzemesi	Yapay ahşap iskelet (Glulam)	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Betonarme – Podyum strüktür	
Duvarlar	Panel sistem	
Döşemeler	Panel sistem	
Çatı	Ahşap iskelet sistem	
Çekirdek	Betonarme	
Strüktürel Anlatım	<p>Vallen apartmanı hibrit yapıma örnektir. Ahşap iskelet sistemler ile yüksek katlı konutlar üretmek için, yapının stabilitesi iyi olmalıdır. Bu konutta stabilite, çekirdek bölümünün ve alt katların betonarme yapılması ile güçlendirilmiştir. Yapının betonarme bölümleri inşa edildikten sonra bina yüksekliğinde olan glulam kolonlar monte edilmiş daha sonra glulam kirişler yerlerini almıştır. Taşıyıcı kısmı oluşturan eleman montajlarından sonra bölücü duvar ve döşeme panelleri yerleştirilip, çatı konstrüksiyonu tamamlanmıştır.</p>	
Fotoğraflar		
		
Vallen in Växjö apartmanı yapım aşaması		

Tablo 6. Platform çerçeve prefabrike ahşap iskelet sistem uygulama örneği
(URL-18, 2018; URL-19, 2018)

Yapının Adı	New Genesis Apartmanı	
Yapının Mimarı	Killefer Flammang Architects	
Yapım Yeri	Los Angeles, ABD	
Yapım Yılı	2012	
Kat Sayısı	5	
Strüktürel Kurgu	Platform çerçeve ahşap iskelet sistem	
Strüktür Malzemesi	Doğal ahşap iskelet	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Betonarme – Podyum strüktür	
Duvarlar	Platform çerçeve ahşap iskelet sistem	
Döşemeler	Platform çerçeve ahşap iskelet sistem	
Çatı	Platform çerçeve ahşap iskelet sistem – Düz çatı	
Çekirdek	Çelik limon kirişli merdiven	
Strüktürel Anlatım	New Genesis, düşük gelirlili ve evsizler için inşa edilen 5 katlı bir sosyal konuttur. Bina, zemin katta betonarme podyum strüktürün üstüne kurulan 5 kat ahşap platform çerçeve konstrüksiyondan oluşmaktadır. Bu konut, sürdürülebilirlik uygulamaları sayesinde LEED Platinum ödülü almıştır.	
Fotoğraflar		
   		
New Genesis Apartmanı ve yapım aşaması		

Tablo 7. Balon çerçeve prefabrike ahşap iskelet sistem uygulama örneği (URL-20, 2018; URL-21, 2018)

Yapının Adı	House 1	
Yapının Mimarı	ALICE Studio Architects	
Yapım Yeri	Lausanne, İsviçre	
Yapım Yılı	2016	
Kat Sayısı	2	
Strüktürel Kurgu	Balon çerçeve ahşap iskelet sistem	
Strüktür Malzemesi	Doğal ahşap iskelet	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Balon çerçeve ahşap iskelet sistem	
Duvarlar	Balon çerçeve ahşap iskelet sistem	
Döşemeler	Balon çerçeve ahşap iskelet sistem	
Çatı	Balon çerçeve ahşap iskelet sistem – Düz çatı	
Çekirdek	Ankastre ahşap merdiven	
Strüktürel Anlatım	<p>Bu proje Lozan Politeknik Üniversitesi atölye çalışması kapsamında gelecekte geliştirilmek üzere yapılmış bir konut örneğidir. Konutun strüktürü, şantiye alanında iskelet elemanların birleştirilmesi ve sonrasında montaj edilmesiyle kurgulanmıştır. Balon çerçeve yapım sistemiyle inşa edilen konutun dikmeleri sürekli; döşemeleri ise dikmelere bağlanmaktadır.</p>	

Fotoğraflar



House 1 yapım aşaması

2.1.2.1.3. Prefabrike Çelik İskelet Sistemler

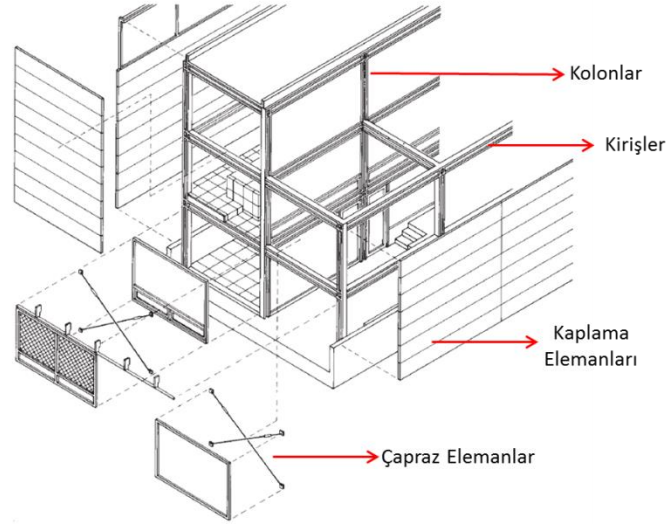
Metaller, 18. yy.'da yapılarda, 19. yy.'da binalarda kullanılmaya başlanmıştır. Ancak dökme demirin kırılğan, dövme demirin ise pahalı olması nedeniyle kullanımı yaygınlaşmamıştır. Daha sonra farklı metal elemanların birleştirilmesiyle geliştirilen çelik alaşımı, yapısal anlamda birçok yeniliği beraberinde getirmiştir ve 20. yy. ile birlikte yapıların inşasında sıklıkla görev almıştır (Eren, 2004).

Çelik malzemesi, üretim alanında zamanla gelişmiştir ve önceden sıklıkla ticari yapılarda kullanılan sistem, konut üreticileri tarafından da benimsenmiştir. 20. yy.'ın ortalarına kadar çelik sistemli konutlar üretici firmalar tarafından hazır konutlar olarak satılmıştır. Bu durum üreticinin uzmanlaşmasıyla birlikte çelik sistemin kalitesini artırmıştır ancak üretilen konutlar çeşitlilikten uzak kalmıştır. Çözüm için mimariye başvurulmuştur ve ortaya çeşitlilik anlamında olumlu sonuçlar çıkmıştır (Eren, 2004; Smith, 2010).

Çelik iskelet sistem, çelik malzemenin kullanılmaya başlanmasıyla ortaya çıkan ilk strüktürel sistemdir. Bu sistem prensip olarak ahşap iskelet sistem ile benzerlik göstermektedir. Fabrika ortamında üretilen kolon ve kirişler, yapıyı oluşturmaktadır ve yapı yükleri bu elemanlar aracılığıyla temele aktarılmaktadır (Şekil 43). Sistemin diğer elemanları stabiliteyi sağlayan çapraz iskelet elemanlar, dolgu malzemeleri (yalıtım vb.) ve kaplamalardır (Şekil 44).



Şekil 43. Çelik iskelet sistemli yapım perspektifi (URL-22, 2018)



Şekil 44. Çelik iskelet sistem elemanları (Staib vd., 2008)

Çelik iskelet sistem, düşük hacimli ve hafif yapısıyla yüksek mukavemet sağlamaktadır. Bu sistem ile her tür işlevi (konut, endüstriyel, spor kompleksi vb.) barındıran yapı üretimi mümkündür. Çelik iskelet sistemin bütün elemanları prefabrikedir. Oldukça hassas (milimetrik) ve değişik formlarda üretilebilen çelik elemanlar, mimari tasarıma yeni bir boyut kazandırmıştır. Mimarlar, çelik elemanlar kullanarak, diğer yapı malzemeleri ile inşa edilemeyecek veya inşası rasyonel olmayacak formlar tasarlayabilmeye başlamıştır (Şekil 45) (Urfalı, 2012).



Şekil 45. Çelik iskelet sistem ile yapılmış bir konut örneği (URL-23, 2018)

Çelik iskelet sistem elemanları birbirlerine metal birleştirme elemanları aracılığıyla veya kaynaklı birleştirilebilir. Bu sistemin montajı hızlı ve kolay olarak nitelendirilmektedir. Sistemin montajının sağladığı avantajlar, ince kesit ile geniş açıklık geçme, mimarideki ritm ve malzeme sürekliliği çelik iskelet sistemlerin ön plana çıkmasında büyük rol oynamaktadır (Eren, 2014).

Çelik iskelet sistem elemanları iki şekilde üretilebilmektedir. Bunlardan ilki sıcak hadde çeliği (hot rolled steel) ile üretilen elemanlardır. Bu üretim şeklinde çelik, özel fırınlarda elde edildikten sonra kalıplara konur. Kalıplarda kızıl dereceye kadar ısıtılan çelik, haddeden geçirilerek (çeliğin iki silindir arasından geçirilerek presleme) istenilen şekil verilir. Bu yöntemle çeliğin bünyesinde oluşabilecek hava ve gaz boşlukları giderilir; mukavemet ve süneklik özellikleri iyileştirilir (Şekil 46) (Eren, 2014).



Şekil 46. Sıcak haddelenmiş çelik üretim aşaması (URL-24, 2018)

Çelik iskelet sistem elemanı üretmenin bir diğer yolu soğuk haddelenmiş çelik (cold rolled steel) ile üretimdir. Bu üretim şeklinde sıcak haddelenmiş çelik ile ince plaklar haline getirilen çelik levha, bükülerek iskelet sistem elemanları üretilmektedir (Şekil 47). Elemanların üretildiği levhanın inceliği nedeniyle, sıcak haddeli çeliğe göre oldukça hafiftir. Oldukça farklı şekillerde üretilebilen elemanların taşıma kapasiteleri de sıcak haddeli çelik elemanlara göre düşüktür (Eren, 2014b).



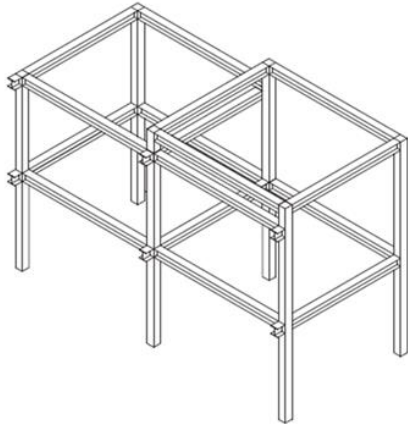
Şekil 47. Soğuk haddelenmiş çelik üretim aşaması (URL-25, 2018; URL-26, 2018)

Çelik iskelet sistemler farklı yapım sistemleri ile birlikte kullanılabilirler (Şekil 48). Bu sistem ile birlikte, özellikle, betonarme çekirdek ve beton panel döşeme elemanlarının kullanılması sık rastlanan uygulamadır. Bu yöntem, yüksek yapı üretiminde kullanılan çelik iskelet sistemlerin stabilitesine katkı sağlanmaktadır (Staib vd., 2008).

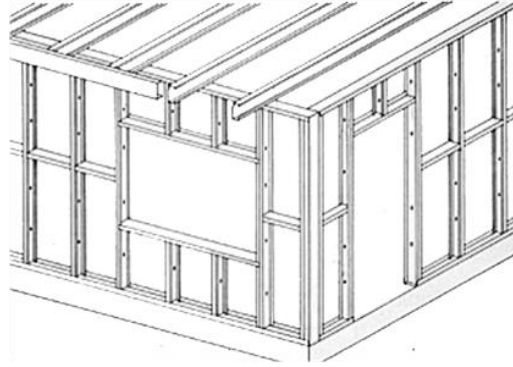


Şekil 48. Çelik iskelet sistem ile üretilmiş hibrit yapı örneği (Staib vd., 2008)

Prefabrike çelik iskelet sistemler, strüktürel elemanlarının kurgulanmasına göre, sistemsel olarak, birbirinden ayrılabilirler. Bu çalışmada kolon-kiriş iskelet sistem ve hafif çelik iskelet sistem olmak üzere 2 tip prefabrike çelik iskelet sistem türü incelenmiştir (Şekil 49).



Kolun-kiriş iskelet sistem



Hafif çelik iskelet sistem

Şekil 49. Prefabrike çelik iskelet sistem sınıflandırması (Staib vd., 2008; URL-27, 2018)

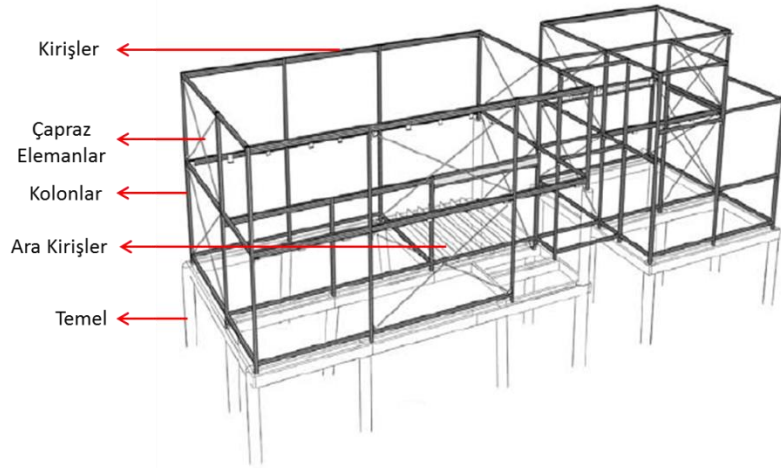
2.1.2.1.3.1. Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Çelik İskelet Sistemler

Prefabrike çelik iskelet sistemler, strüktürel elemanlarının kurgulanmasına göre 2 başlığa ayrılmıştır ve bu çalışmada konut üretimi kapsamında incelenmiştir:

1. Kolun-kiriş çelik iskelet sistem
2. Hafif çelik iskelet sistem

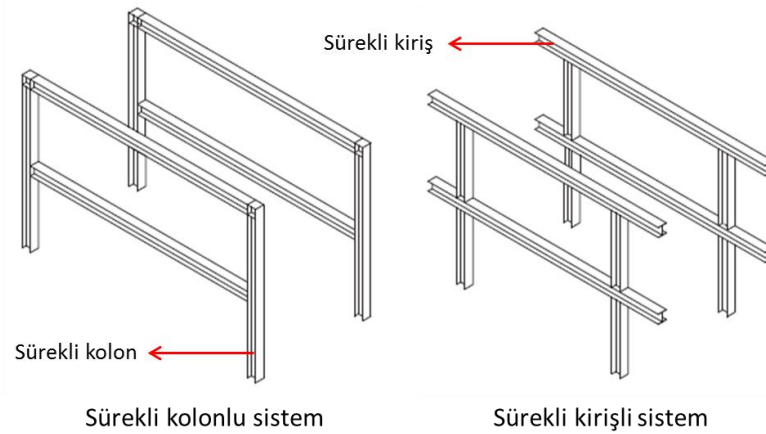
2.1.2.1.3.1.1. Kolun-Kiriş İskelet Sistemler

Kolon-kiriş çelik iskelet sistem, sıcak haddelenmiş kolun ve kiriş (duvar ve çatı kirişi) elemanlardan oluşur (Şekil 50). Sistemin yardımcı elemanları, çapraz iskelet elemanlar, ara kirişler, dolgu malzemeleri ve kaplama levhalarıdır. Sistemin ana elemanları, strüktürel kurguları ile mekan oluşturamazlar ancak bu elemanlar, mekan oluşturmada kullanılan bölücü elemanların taşınmasına olanak sağlamaktadır (Yıldırım, 2003).



Şekil 50. Kolon-kiriş çelik iskelet sistem perspektifi (Smith, 2010)

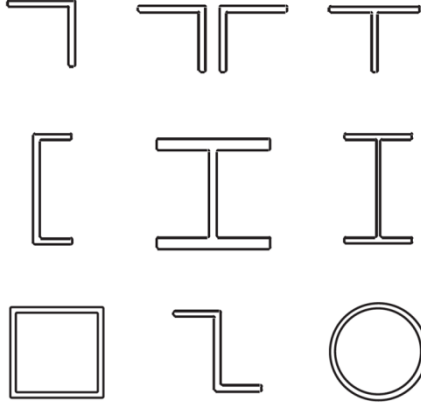
Kolon-kiriş iskelet sistem 2 şekilde kurgulanabilir; sürekli kolonlu sistem veya sürekli kirişli sistem (Şekil 51). Sürekli kolonlu sistemlerde kolonlar birkaç kat yüksekliğinde olmaktadır ve kirişler bu elemanların yanlarına monte edilmektedir. Kolonlara monte edilen ana kirişlerin arasına ara kirişler monte edilerek yapının stabilitesi güçlendirilmektedir. Sürekli kirişli sistemlerde ise kolonlar kat yüksekliğindedir. Kolonların uçlarına sürekli kirişler gelmektedir ve bu kirişler birbirlerine ara kirişler aracılığıyla bağlanmaktadır (Staib vd., 2008).



Şekil 51. Sürekli kolonlu ve kirişli sistem perspektifi (Staib vd., 2008)

Kolon-kiriş sistem ile ince kesitli elemanlar aracılığıyla oldukça geniş açıklıklar geçilebilmektedir. Sistemin taşıyıcı elemanlarına yüksek sıcaklıkta farklı şekiller

verilebilmektedir (Şekil 52). Elemanların şekillerine göre mukavemetleri ve geçebilecekleri açıklık miktarı değişmektedir (Eren, 2014; Smith, 2010).



Şekil 52. Yaygın kullanılan kolon-kiriş sistem eleman şekilleri (Smith, 2010)

2.1.2.1.3.1.2. Hafif Çelik İskelet Sistemler

Hafif çelik iskelet sistem elemanları, soğuk şekillendirilmiş sac levhalardan kesilmiş şeritlerin, bir bant boyunca preslenerek bükülmesiyle şekil verilen profillerden oluşmaktadır (Şekil 53). Bu profiller yapıda kolon ve kiriş elemanları olarak kullanılmaktadır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra ABD'de konut yapımında sıklıkla kullanılan sistem ile günümüzde yaygın olarak az katlı yapılar (özellikle konutlar) üretilmektedir (Şekil 54) (Eren, 2014b; Yıldırım, 2003).

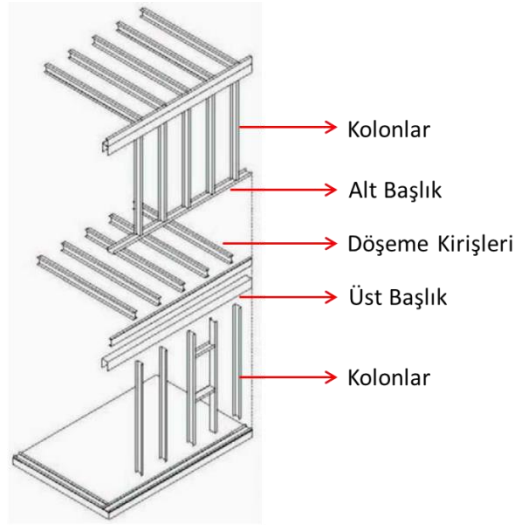


Şekil 53. Yaygın kullanılan hafif çelik sistem eleman şekilleri (Smith, 2010)



Şekil 54. Hafif çelik iskelet sistem strüktür perspektifi (URL-28, 2018)

Hafif çelik iskelet sistem, ahşap iskelet sistem yapımına benzerdir. Balon ve platform çerçeve sistem, ahşap iskelet sistemde olduğu gibi, hafif iskelet sistemlerde de kullanılmaktadır. Balon çerçeve sistem yapımı sürekli kolonlu elemanlarla yapıldığından dolayı hafif çelik sistemli üretimlerde tercih edilmemektedir. Platform çerçeve sistemli yapım şeklinden, hafif çelik iskelet sistem yapımında sıklıkla yararlanılmaktadır (Eren, 2004). Bu sistemde kolonlar kat yüksekliğindedir. Kolonlar alt ve üst başlığa monte edilirken, döşeme kirişleri alt katın üst başlığı ile üst katın alt başlığı arasına monte edilmektedir. Profilin aralıkları 30-60 cm arasında değişmektedir (Şekil 55).




Şekil 55. Hafif çelik iskelet sistem yapımı (Ekinci ve Eşsiz, 2005)

Hafif çelik sistemin en önemli avantajlarından biri, yapının ağırlığının diğer sistemlere göre daha az olmasıdır. Bunun nedeni sistem elemanlarının oldukça ince sac malzemeden üretilmesidir. Bu elemanlar bilgisayar denetimli sistemler tarafından üretilmelidir çünkü elemanların kesit boyunca şekillerinin aynı olması gerekmektedir (Terim, 2006).

2.1.2.1.3.2. Prefabrike Çelik İskelet Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri

Prefabrike çelik iskelet yapım sistemleri, konutlarda kullanımlarına göre kolon-kiriş, ve hafif çelik iskelet sistemler olmak üzere 2 sınıfa ayrılmıştır. Bu sistemlerin konutlarda kullanımları, Tablo 8 - 9'de örnekler ile gösterilmiştir.

Tablo 8. Kolon-kiriş çelik iskelet sistem uygulama örneği (URL-29, 2018)

Yapının Adı	Prefabrike çelik apartman	
Yapının Mimarı	Foshan Lixin Steel Material Firması	
Yapım Yeri	Çin	
Yapım Yılı	-	
Kat Sayısı	Müşteri isteğine bağlı değişmektedir	
Strüktürel Kurgu	Kolon-kiriş çelik iskelet sistem	
Strüktür Malzemesi	Sıcak hadde çeliği	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Kolon-kiriş çelik iskelet sistem	
Duvarlar	Sandviç panel	
Döşemeler	Kompozit (Trapez levha ve beton)	
Çatı	Kolon-kiriş çelik iskelet sistem – Düz çatı	
Çekirdek	Kolon-kiriş çelik iskelet sistem – Çelik merdiven	
Strüktürel Anlatım	Bu yapının ana firması Çin'de bulunmaktadır. Firma, yapının tüm bileşenlerini üreterek, sipariş üzerine tüm Dünya'ya satış yapmaktadır. Yapı kolon-kiriş çelik iskelet sistemden oluşmaktadır. Bölücülere; duvarlarda sandviç panel, döşemelerde trapez levha ve betondan oluşmaktadır.	

Tablo 8'in devamı



Tablo 9. Hafif çelik iskelet sistem uygulama örneği (URL-30, 2018)

Yapımın Adı	Ankanatura	
Yapımın Mimarı	Lejant Proje	
Yapım Yeri	Ankara, Türkiye	
Yapım Yılı	2010	
Kat Sayısı	2	
Strüktürel Kurgu	Hafif çelik iskelet sistem	
Strüktür Malzemesi	Soğuk hadde çeliği	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Hafif çelik iskelet sistem	
Duvarlar	Hafif çelik iskelet sistem	
Döşemeler	Hafif çelik iskelet sistem	
Çatı	Hafif çelik iskelet sistem	
Çekirdek	Çelik omurga kirişli merdiven	
Strüktürel Anlatım	Ankanatura projesi 16 bloktan oluşmaktadır. Villa ve sosyal konut tipinde yapılan blokların villaları hafif çelik iskelet sistem ile; sosyal konutları ise kolon-kiriş çelik iskelet sistem ile üretilmiştir. Villalar betonarme temele oturmaktadır. Düşey sirkülasyonları için omurga kirişli çelik merdivenler kullanılmıştır.	

Tablo 9'un devamı

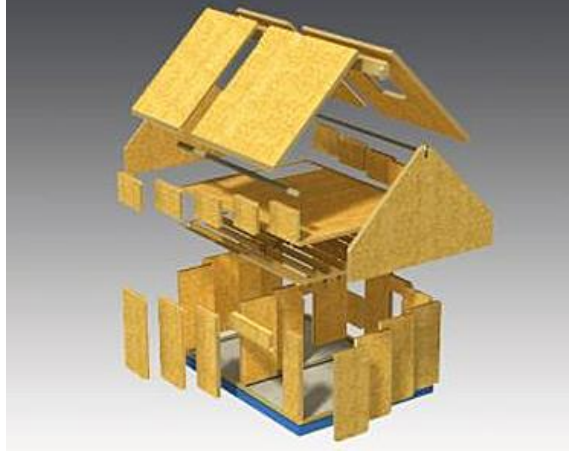
Fotoğraflar



Ankanatura villaları yapım aşaması

2.1.2.2. Prefabrike Panel Sistemler

Paneller, uzunluğu ve genişliği kalınlığına oranla çok büyük olan, yatay veya düşey yapı elemanlarını oluşturan düzlemsel hazır elemanlardır. Paneller, yapı inşasında bölücü veya taşıyıcı görev üstlenebilmektedir. Oldukça büyük yüzeyler ve hacimler tek panel ile kapatılabildiği gibi, birçok sayıda panel bir araya gelerek de bir hacmi oluşturabilir (Şekil 56) (Ayazoğlu, 2003).



Şekil 56. Panel sistem ile yapı üretimi (URL-31, 2018)

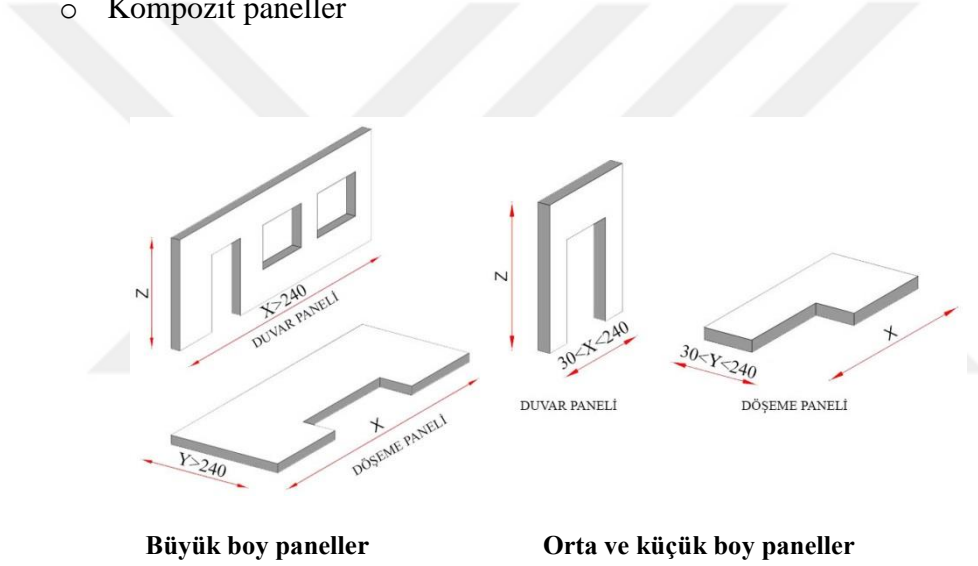
Paneller; duvar, döşeme, çekirdek elemanı, çatı plağı ve cephe kaplama malzemesi gibi farklı amaçlar ile kullanılabilir. II. Dünya Savaşı sonrasında kullanımı yaygınlaşan paneller, günümüzde prefabrike ürünler arasında en sık kullanılan yapı elemanlarından. Gelişmiş ülkelerde prefabrike konutların yarısına yakını, hafif panel sistemler ile üretilmektedir.

Paneller, yüksek prefabriklik derecesinde üretime uygundur ve her türlü işlevi barındıran binalarda kullanılabilir. Paneller dikdörtgen harici farklı formlarda da üretime elverişlidir. Panel sistemler ile yapılan tasarımlarda, panellerin boyutu büyüdükçe esneklik azalmaktadır. Ancak küçük boyutlu paneller ile yapılan yapılarda da birleşim bölgelerinin fazlalığından dolayı stabilite, kaplama ve yalıtım sorunları ortaya çıkmaktadır.

Panel sistemlerin literatürde farklı şekillere sınıflandırmaları mevcuttur. Bu sınıflandırmalar içerisinde en yaygın olanları; panellerin taşıyıcı yönlerine, boyutlarına, ağırlıklarına, konstrüksiyonlarına ve işlevlerine göre yapılanlarıdır (Ayazoğlu, 2003; Eser, 1982; Türkçü, 1988):

- Boyutlarına göre paneller (Şekil 57)
 - Büyük boy paneller (Genişlikleri 240 cm'den büyük olan paneller)
 - Orta ve küçük boy paneller (Genişlikleri 240 cm'den küçük olan paneller)
- Taşıyıcı yönlerine göre paneller
 - Uzun kenarları taşıyıcı olan paneller
 - Kısa kenarları taşıyıcı olan paneller
 - Uzun ve kısa kenarları taşıyıcı olan paneller

- Ağırlıklarına göre paneller
 - Ağır paneller (Ağırlıkları 1000 kg'dan büyük olan paneller)
 - Hafif paneller (Ağırlıkları 1000 kg'dan küçük olan paneller)
- İşlevlerine göre paneller
 - Taşıyıcı özellikli paneller
 - Bölücü özellikli paneller
 - Özel işlevli paneller (cephe kaplama paneli vb.)
- Konstrüksiyonlarına göre paneller
 - Dolu gövdeli paneller
 - Boşluklu paneller
 - Kompozit paneller



Şekil 57. Boyutlarına göre paneller

2.1.2.2.1. Prefabrike Beton Panel Sistemler

Beton paneller, prefabrike yapım sistemleri içinde en sık kullanılan yapı elemanlarından biridir. Bu paneller, II. Dünya Savaşı'ndan sonra oluşan konut ihtiyacının karşılanmasında önemli rol oynamıştır. Hızlı ve ekonomik yapı ihtiyacına cevap verebilen beton paneller; döşeme, duvar, çatı ve çekirdek elemanı olarak kullanılabilir (Şekil 58). Paneller, kaplaması ve tesisatı yapılmış şekilde, yüksek prefabriklik derecesi ile üretilebilmektedir. Farklı işlevli yapılarda kullanılan beton panellerin, konut üretiminde kullanımı yaygındır (Staib vd., 2008 ; Eşiyok, 2000).



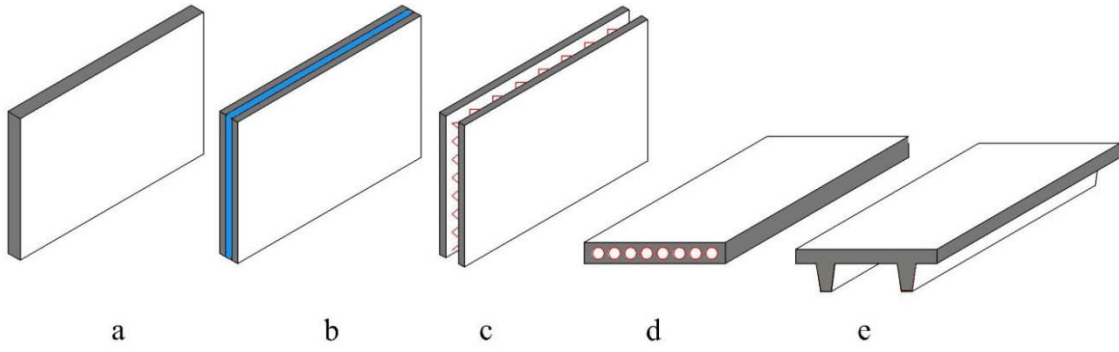
Şekil 58. Prefabrike beton paneller ve yapıda kullanım şekilleri (URL-32, 2018; URL-33, 2018; URL-34, 2018; URL-35, 2018)

Prefabrike beton paneller, ağırlığı fazla olan malzemelerdir. Bu paneller, bölücü nitelikte kullanılmak veya yapının ölü yükünü azaltmak amacıyla, farklı yapım sistemleri ile birlikte kullanılarak hibrit yapılar oluşturmaktadır (Şekil 59).



Şekil 59. Prefabrike beton panel ile hibrit yapı örneği (URL-36, 2018)

Prefabrike beton paneller, bünyesindeki doluluk-boşluk ve kullanılan katmanların farklılaşmasına göre birbirinden ayrılabilirler. Bu çalışmada dolu kesitli paneller, sandviç paneller, çift duvar paneller, boşluklu paneller ve nervürlü paneller olmak üzere 5 tip beton panel türü incelenmiştir (Şekil 60).



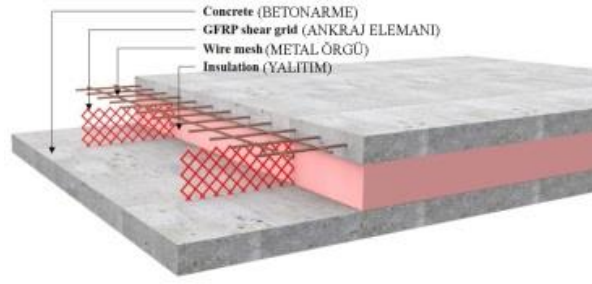
Şekil 60. Panel türleri: dolu kesitli (a), sandviç (b), çift duvar (c), boşluklu (d) ve nervürlü (e) beton panel

Dolu kesitli beton panel, betonarmeden oluşan masif bir elemanı ifade etmektedir (Şekil 61). Bu paneller, strüktürel veya bölücü olarak birçok yapı türünde (apartman, otel, alışveriş merkezi, vb.) kullanılabilir. Dolu kesitli beton paneller, duvar, döşeme, çatı ve çekirdek elemanı olarak üretilebilmektedir. Kompozit yapıda olmayan panellere, enerji korunumu için yalıtım katmanları eklenebilir. Bu paneller, doğramaları ve tesisatı içinde olacak şekilde yüksek prefabriklik derecesinde üretime elverişlidir (URL-37, 2018; URL-38, 2018).



Şekil 61. Dolu kesitli beton panel (URL-39, 2018)

Beton sandviç paneller 3 katmandan oluşmaktadır; taşıyıcı betonarme katman, yalıtım katmanı ve koruyucu katman (Şekil 62). Katmanlar fabrika ortamında ayrı ayrı üretildikten sonra birleştirilerek sandviç paneli oluştururlar. Panellerin beton kısımlarına ankraj edilen metal elemanlar hem yükü çekmek hem de panel katmanlarını birleşik tutmaktan sorumludur (Staib vd., 2008). Genelde dış duvarlarda kullanılan sandviç paneller, konut üretiminde en fazla kullanılan panel türlerinden biridir (Eşiyok, 2000).



Şekil 62. Beton sandviç panel (Kim ve You, 2015)

Çift duvar beton panel, iki beton panel katmanının kafes donatılarla birbirine bağlanmasıyla elde edilmektedir (Şekil 63). Bu paneller, şantiyede montaj edildikten sonra arasına beton dökülerek güçlü bir perde duvar elde edilmektedir. Yarı prefabrike sınıfa giren çift duvar beton paneller, duvar elemanı olarak kullanılmaktadır. Konut yapımında kullanımı yaygın olan paneller, doğramaları, tesisatı ve sıvası bitmiş bir şekilde üretilmektedir (URL-40, 2018).



Şekil 63. Çift duvar beton panel (URL-41, 2018)

Boşluklu beton paneller, panel içerisindeki ölü yükleri azaltmak ve daha büyük açıklıklar geçmek için tek yönde içi boşaltılarak oluşturulur (Şekil 64). Bu paneller aynı boyutta masif beton panellere oranla %50 daha hafiftir. Üretim tekniğine göre boşluklar oval, dikdörtgen veya farklı şekillerde olabilmektedir (Staib vd., 2008). Her çeşit yapıda kullanılabilen boşluklu paneller, strüktürel nitelikte sadece döşemede görev almaktadır. Bunun yanı sıra endüstriyel yapılarda bölücü eleman olarak da kullanılabilir. Boşluklu paneller, ön gerilmeli donatı ile üretilip büyük boyutlarda açıklık geçebilmektedir (URL-42, 2018).



Şekil 64. Boşluklu beton panel (URL-43, 2018)

Nervürlü beton paneller, yaygın olarak çift nervür (çift T panel) (Şekil 65) ile üretilirler ancak nervür sayısı farklı sayılar da olabilmektedir. Bu elemanlar geniş açıklıklar geçmek için idealdir. Yaygın olarak beton iskelet sistemin döşeme elemanlarında kullanılırlar. Daha geniş açıklıklar geçildiğinde bu elemanların kesit derinliği oldukça artmaktadır (Anonim, 2009). Nervür görüntüsünden dolayı konut yapılarında kullanımı yaygın değildir ancak kullanıldığı örnekler mevcuttur.



Şekil 65. Çift T panel (URL-44, 2018)

2.1.2.2.1.1. Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Beton Panel Sistemler

Bu çalışmada konut üretiminde kullanılan prefabrike beton panel sistemler panel boyutlarına (genişliklerine) göre sınıflandırılmıştır ve 2 başlıkta incelenmiştir:

1. Prefabrike büyük boy beton paneller
2. Prefabrike küçük ve orta boy beton paneller

2.1.2.2.1.1.1. Büyük Boy Beton Paneller

Genişlikleri oda büyüklüğüne eşit ya da daha fazla, yükseklikleri ise bir ya da birkaç kat yüksekliğine eşit olan büyük yüzeyli prefabrike panellerle yapılan sistemlerdir (Eşiyok, 2000). Bu sistem II. Dünya Savaşı'ndan sonra oluşan konut ihtiyacından dolayı ortaya çıkmıştır. Kısa sürede çok sayıda konut yapma ihtiyacına yönelik geliştirilen, diğer yapım sistemlerine göre daha az bileşen ve daha az işçilik gerektiren bu sistem ile yapım süreci oldukça kısalmıştır.

Büyük boy paneller 240 cm'den geniş paneller olarak sınıflandırılmaktadır. Bitmişlik derecesi yüksek olan paneller; doğramaları, kaplamaları ve tesisatı içinde bulunduracak biçimde yüksek derece prefabrikasyona uygun olarak üretilebilirler. Günümüzde bu sistemin kullanımı, hızlı monte edilip erken bitirilmesi gereken ve panellerin pahalı taşıma ve montaj ekipman gereksinimini karşılayabilecek yüksek bütçeli projelerle sınırlı kalmaktadır (Staib vd., 2008).

Prefabrike büyük boy beton paneller, döşeme, duvar, çatı ve merdiven yapımında kullanılabilirler, boşluklu veya boşluksuz olarak üretilebilirler (Şekil 66).



Şekil 66. Prefabrike büyük boy beton paneller ve örnek bir uygulama (URL-45, 2018)

2.1.2.2.1.1.2. Küçük ve Orta Boy Beton Paneller

Genişlik açısından oda boyutlarından küçük prefabrike panellerin bir araya getirilmesiyle oluşturulan sistemlerdir. Bu sistemlerde bir hacmi sınırlayan duvar ve döşeme elemanları, birden fazla elemandan meydana gelmektedir. (alıntılayan Eşiyok, 2000); (aktaran Er, 1989).

Küçük ve orta boy paneller, 240 cm genişliğe kadar olan panelleri sınıflandırmaktadır. Bu paneller ile oluşturulan yapıların stabilitesi, birleşim bölgelerinin fazlalığı nedeniyle düşüktür. Küçük ve orta boy paneller; genellikle özel taşıma araçları ve ağır montaj ekipmanı gerektirmemekte, ancak eleman sayısının fazlalığı nedeniyle büyük boy panellere oranla daha fazla işçilik gerektirmektedir (Eşiyok, 2000).

Prefabrike küçük ve orta boy beton paneller; döşeme, duvar, çatı ve merdiven yapımında kullanılabilirler, boşluklu veya boşluksuz olarak üretilbilirler (Şekil 67).



Şekil 67. Prefabrike küçük ve orta boy beton paneller ve örnek bir uygulama (URL-46, 2018 ; URL-47, 2018)


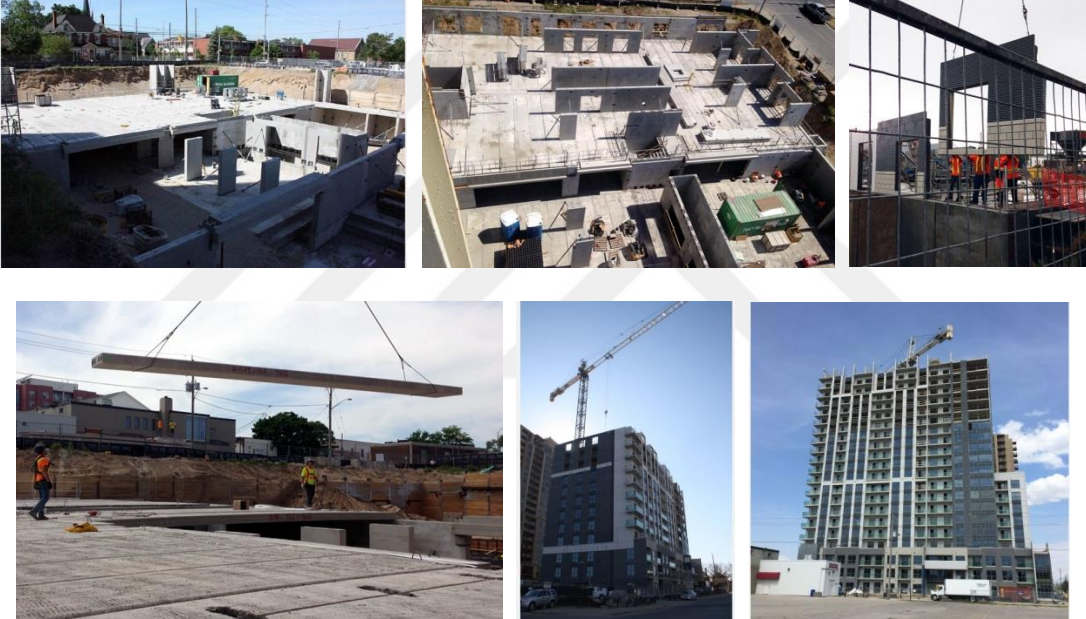
2.1.2.2.1.2. Prefabrike Beton Panel Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri

Prefabrike beton panel yapım sistemleri, konutlarda kullanımına göre büyük boy, küçük ve orta boy panel sistemler olmak üzere 2 sınıfa ayrılmıştır. Bu sistemlerin konutlarda kullanımları, Tablo 10 - 11'de örnekler ile gösterilmiştir.


Tablo 10. Prefabrike büyük boy beton panel uygulama örneği (URL-48, 2018; URL-49, 2018; URL-50, 2018)

Yapının Adı	King ve Lyle Apartmanı	
Yapının Mimarı	Hanna, Ghabrial and Associates	
Yapım Yeri	Londra, İngiltere	
Yapım Yılı	Devam etmektedir	
Kat Sayısı	21	
Strüktürel Kurgu	Prefabrike büyük boy beton panel sistem	
Strüktür Malzemesi	Prefabrike dolu kesitli beton panel ve prefabrike boşluklu beton panel	


Tablo 10'un devamı

Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Prefabrike dolu kesitli beton panel	
Duvarlar	Prefabrike dolu kesitli beton panel	
Döşemeler	Prefabrike boşluklu beton panel	
Çatı	Prefabrike boşluklu beton panel – Düz çatı	
Çekirdek	Prefabrike Beton	
Strüktürel Anlatım	King ve Lyle apartmanı 21 katlı konuttur. Yapı betonarme temelin üzerine kurgulanmıştır. Yapının döşemelerinde prefabrike boşluklu beton panel kullanılmıştır. Yapının duvarlarında prefabrike dolu kesitli beton paneller kullanılırken; bu paneller cephelerde kaplamalarıyla birlikte yüksek prefabrike derece de kurgulanmıştır.	
Fotoğraflar		
		
King ve Lyle Apartmanı yapım aşaması		

Tablo 11. Prefabrike küçük boy beton panel uygulama örneği (URL-51, 2018: URL-52, 2018)

Yapının Adı	Juman Köyü Villaları	
Yapının Mimarı	HCO Mimarlık	
Yapım Yeri	Al Khobar, Suudi Arabistan	
Yapım Yılı	2016	
Kat Sayısı	2	
Strüktürel Kurgu	Prefabrike küçük boy beton panel sistem	
Strüktür Malzemesi	Prefabrike dolu kesitli beton panel (gazbeton)	

Tablo 11'in devamı

Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Prefabrike dolu kesitli beton panel (gazbeton)	
Duvarlar	Prefabrike dolu kesitli beton panel (gazbeton)	
Döşemeler	Prefabrike dolu kesitli beton panel (gazbeton)	
Çatı	Prefabrike dolu kesitli beton panel (gazbeton) – Düz çatı	
Çekirdek	Betonarme	
Strüktürel Anlatım	Juman Köyü, 380 villadan oluşan küçük bir komşuluk ünitesidir. Akdeniz ya da modern tarzda seçilebilen villalar, betonarme temelin üstüne gazbeton duvar ve döşeme elemanları ile inşa edilmektedir. Yapıların merdivenleri betonarmedir.	

Fotoğraflar



Juman Köyü villaları yapım Aşaması

2.1.2.2.2. Prefabrike Ahşap Panel Sistemler

Prefabrike ahşap paneller, strüktürel veya bölücü eleman olarak kullanılabilirler. Ahşap panel sistemlerin strüktürel olarak kullanımında, yükler paneller aracılığıyla betonarme zemin kata ya da temele aktarılır. Genellikle fabrika ortamında üretilen

panellerin birleşimlerinde lamba-zıvanalı geçme, çivi veya metal levhalar kullanılmaktadır (Staib vd., 2008).

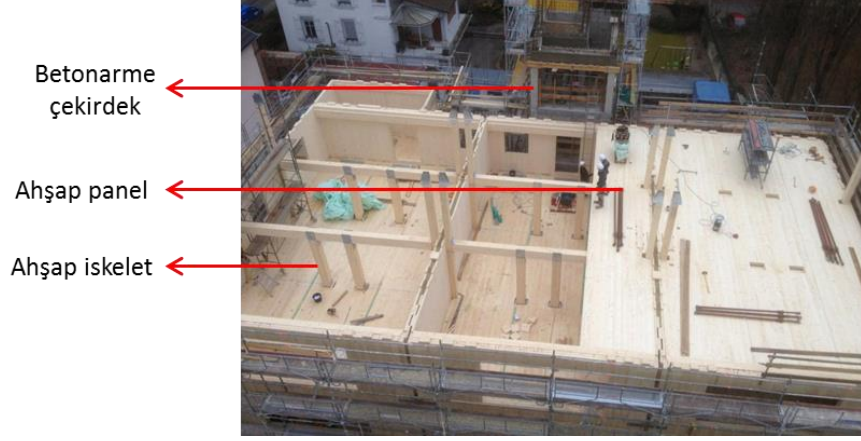
Prefabrike ahşap paneller, büyük ya da küçük boyutlu olabilmektedir. Panellerin boyutları genellikle ahşap kaplama levhalarının boyutları ile orantılı olmaktadır. Ahşap paneller farklı işlevli yapılarda kullanılabilirken (Ticari, turizm, konut vb.); konutlarda yaygın kullanılmaktadır. Özellikle yüksek prefabriklik derecesine sahip olan büyük boy ahşap paneller, çok katlı konutlarda sıklıkla kullanılmaktadır (Staib vd., 2008).

Prefabrike ahşap paneller, yapının döşeme, duvar, çatı ve çekirdek kısmının inşasında kullanılabilir (Şekil 68).



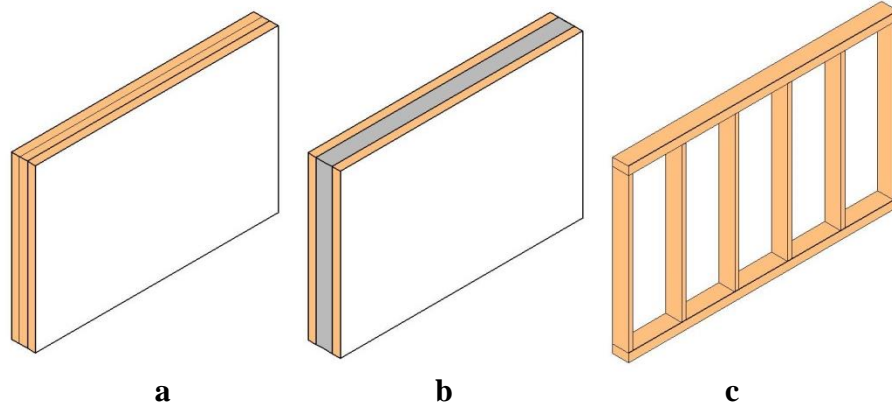
Şekil 68. Prefabrike ahşap paneller ve yapıda kullanım şekilleri (URL-53, 2018; URL-54, 2018; URL-55, 2018; URL-56, 2018; URL-57, 2018; URL-58, 2018)

Prefabrike ahşap paneller yaygın olarak hibrit yapılarda kullanılmaktadır (Şekil 69). İskelet sistemler veya hücre sistemler ile birlikte strüktürel amaçlı kullanılabilen panellerden, bu sistemlerin içerisinde bölücü amaçla da yararlanılabilmektedir.



Şekil 69. Prefabrike ahşap panel ile hibrit yapı örneği (URL-59, 2018)

Prefabrike ahşap paneller, bünyesindeki kullanılan strüktürel elemanların ve katmanların farklılaşmasına göre birbirinden ayrılabilirler. Bu çalışmada masif ahşap paneller, strüktürel nitelikli kompozit paneller (SIP's) ve masif ahşap taşıyıcı paneller olmak üzere 3 ahşap panel türü incelenmiştir (Şekil 70).



Şekil 70. Panel türleri: (a) masif ahşap, (b) strüktürel nitelikli kompozit, (c) masif ahşap taşıyıcı panel

Masif ahşap paneller yapısal olarak kullanılamayacak kadar küçük boyutlu ahşap parçaların endüstriyel ortamda birleştirilerek homojen bir panel oluşturmasıyla üretilmektedir. Masif ahşap panellerin en yaygın çeşidi “çapraz lamine ahşap (Cross Laminated Timber - CLT)” panellerdir (Şekil 71). Taşıyıcı olarak kullanılabilen CLT paneller endüstriyel ortamda üretilmektedir. Ahşap parçaların 3,5,7 vb. tek sayıda, lif

yönleri birbirine çapraz olacak şekilde tutkullanmasıyla üretilir ve CNC (bilgisayarlı sayısal denetim) makineleri ile şekil verilir. Yüksek prefabriklik derecesinde üretime uygun olan CLT paneller ile yüksek katlı yapılar da inşa edilebilmektedir.



Şekil 71. Çapraz lamine ahşap (CLT) panel (URL-60, 2018)

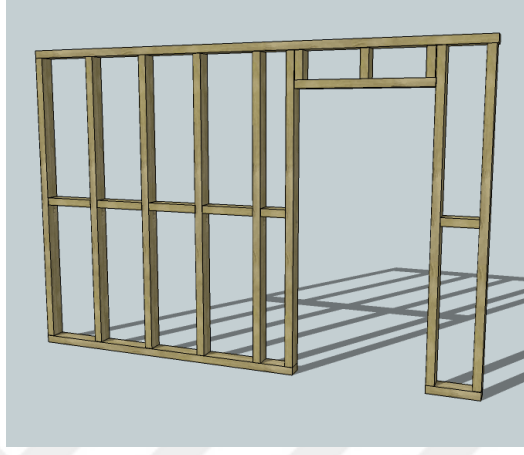
Strüktürel nitelikli kompozit paneller (Structural Insulated Panel's – SIP's), genellikle OSB levhaların arasına ısı yalıtım malzemesinin yapıştırılmasıyla üretilen taşıyıcı bir malzemedir (Şekil 72). Yalıtım malzemesi olarak çoğunlukla EPS kullanılmaktadır. SIP's paneller endüstriyel ortamda üretilir ve CNC makineleri ile şekil verilir. Bu paneller oldukça hafiftir ve yüksek enerji tasarrufu sağlayabilmektedir.



Şekil 72. Strüktürel nitelikli kompozit panel (SIP's) (URL-61, 2018)

Masif taşıyıcılı ahşap paneller geleneksel ahşap çerçeve yapım tekniklerine dayanmaktadır. Bu panel türleri basit bir atölyeden son derece otomatikleştirilmiş bir fabrikaya kadar çeşitli üretim yerlerinde üretilebilir (Smith, 2010). Doğal veya yapay ahşap kullanılarak üretilebilen paneller alt ve üst başlığa monte edilen dikmeler, dikmelerin

arasına yerleştirilen yalıtım malzemesi ve kaplamalardan oluşur (Şekil 73). Yüksek derecede prefabrikasyona uygun olan masif taşıyıcılı ahşap paneller, genellikle az katlı yapılarda kullanılmaktadır.



Şekil 73. Masif taşıyıcılı ahşap panel (URL-62, 2018)

2.1.2.2.2.1. Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Ahşap Panel Sistemler

Bu çalışmada konut üretiminde kullanılan prefabrike ahşap panel sistemler panel boyutlarına (genişliklerine) göre sınıflandırılmıştır ve 2 başlıkta incelenmiştir:

1. Prefabrike büyük boy ahşap paneller
2. Prefabrike küçük ve orta boy ahşap paneller

2.1.2.2.2.1.1. Büyük Boy Ahşap Paneller

Prefabrike büyük boy ahşap paneller, bir hacmin duvarını oluşturabilecek ve 2 ahşap kaplama levhası boyutu olan 240/244 cm'den geniş paneller olarak sınıflandırılabilir. Büyük boy ahşap paneller; doğramaları, kaplamaları ve tesisatı içinde bulunduracak biçimde yüksek derece prefabrikasyona uygun olarak üretilebilirler. Günümüzde bu sistemin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır (Parlar, 2000).

Prefabrike büyük boy ahşap paneller; döşeme, duvar, çatı ve merdiven yapımında kullanılabilir; boşluklu veya boşluksuz olarak üretilebilir (Şekil 74).

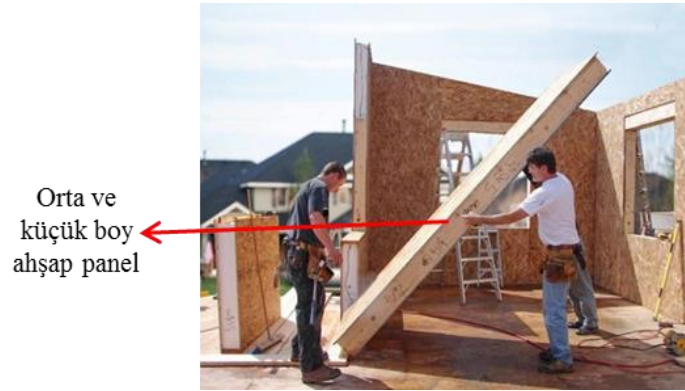


Şekil 74. Prefabrike büyük boy ahşap paneller ile örnek bir konut uygulaması (URL-63, 2018)

2.1.2.2.1.2. Küçük ve Orta Boy Ahşap Paneller

Küçük ve orta boy ahşap paneller, 240/244 cm'e kadar olan panelleri sınıflandırmaktadır. Bu tür paneller, II. Dünya Savaşı sonrası artan konut ihtiyacının karşılanması sürecinde yaygınlaşmıştır (Parlar, 2000).

Prefabrike küçük ve orta boy ahşap paneller, döşeme, duvar, çatı ve merdiven yapımında kullanılabilir; boşluklu veya boşluksuz olarak üretilbilirler (Şekil 75).



Şekil 75. Prefabrike küçük boy ahşap paneller ile örnek bir konut uygulaması (URL-64, 2018)

Küçük ve orta boy panel türleri, artan prefabrikasyon olanağı ve yapım süresi avantajından dolayı yerini büyük boy ahşap panellere bırakmıştır (Parlar, 2000).

2.1.2.2.2.2. Prefabrike Ahşap Panel Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri

Prefabrike ahşap panel yapım sistemleri, konutlarda kullanımına göre büyük boy, küçük ve orta boy panel sistemler olmak üzere 2 sınıfa ayrılmıştır. Bu sistemlerin konutlarda kullanımları, Tablo 12 - 13’de örnekler ile gösterilmiştir.

Tablo 12. Prefabrike büyük boy ahşap panel uygulama örneği (URL-65, 2018)

Yapının Adı	Dalston Lane Binası	
Yapının Mimarı	Waugh Thistleton Mimarlık	
Yapım Yeri	Londra, İngiltere	
Yapım Yılı	2017	
Kat Sayısı	6-9	
Strüktürel Kurgu	Büyük boy prefabrike ahşap panel sistem	
Strüktür Malzemesi	Masif ahşap panel (CLT panel)	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Betonarme	
Duvarlar	Masif ahşap panel (CLT panel)	
Döşemeler	Masif ahşap panel (CLT panel)	
Çatı	Masif ahşap panel (CLT panel) – Düz çatı	
Çekirdek	Masif ahşap panel (CLT panel)	
Strüktürel Anlatım	Dalston Lane 6 ile 9 katlı bloklardan oluşan bir konuttur. 33 metre yüksekliğinde ki yapı 121 daireden oluşmaktadır. Dünya’nın en geniş, CLT panel ile inşa edilen yapısıdır. Betonarme temele oturan yapının zemin katı da betonarmedir. 1. kattan itibaren büyük boy masif ahşap paneller ile inşa edilmiştir. Yapıda toplam 4500 m ³ CLT panel kullanılmıştır. Yapının cephesi tuğla ile kaplanmıştır.	
Fotoğraflar	 <p style="text-align: center;">Ahşap panel sistem perspektifi</p>	

Tablo 12'nin devamı

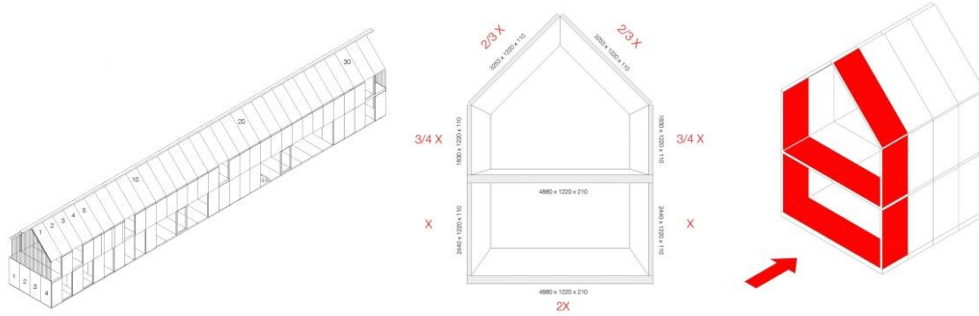


Tablo 13. Prefabrike küçük boy ahşap panel uygulama örneği (URL-66, 2018)

Yapının Adı	Shotgun Evi	
Yapının Mimarı	Alejandro Soffia	
Yapım Yeri	Zapallar, Şili	
Yapım Yılı	2017	
Kat Sayısı	2	
Strüktürel Kurgu	Prefabrike küçük boy ahşap panel sistem	
Strüktür Malzemesi	Strüktürel yalıtımlı ahşap panel (SIP's)	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Strüktürel yalıtımlı ahşap panel	
Duvarlar	Strüktürel yalıtımlı ahşap panel	
Döşemeler	Strüktürel yalıtımlı ahşap panel	
Çatı	Strüktürel yalıtımlı ahşap panel	
Çekirdek	Çelik omurga kirişli merdiven	
Strüktürel Anlatım	Shotgun Evi 2 katlı bir konuttur. 40 metre uzunluğundaki yapı, 122 cm standart boyutlu SIP's paneller ile üretilmiştir. Yapı betonarme tekil temelin üzerine kurgulanmıştır. Döşeme, duvar ve çatı elemanları SIP's panel ile üretilen yapının merdiveni çelik omurga sistemine oturan ahşap basamaklardan oluşmaktadır. Yapının ara kat döşemesinde galeri boşluğu bulunan yerlerde çelik iskelet sistemden yararlanılmıştır fakat yapı kurgusal bütünü açısından hibrit yapı değil küçük boy prefabrike ahşap panel sistemli yapı sınıfında değerlendirilmiştir.	

Tablo 13'ün devamı

Fotoğraflar



Modüler Koordinasyon anlatımı: 122 cm panellerin 32 kere yan yana gelmesi



Shotgun Evi yapım aşaması

2.1.2.2.3. Prefabrike Çelik Panel Sistemler

Çelik panel sistemlerin temel prensibi ahşap iskelet sisteme dayanmaktadır. Bu sistemlerin birbirinden farkı, ahşap iskelet sistem yük aktarımını dikmeler üzerinden yaparken, panel sistem yük aktarımında düzlemsel olarak davranmaktadır. Çelik paneller fabrikada üretilmektedir ve prefabrikasyon derecesine göre şantiye sahasına çerçeve veya kaplaması bitmiş paneller olarak getirilebilmektedir (Staib vd., 2008).

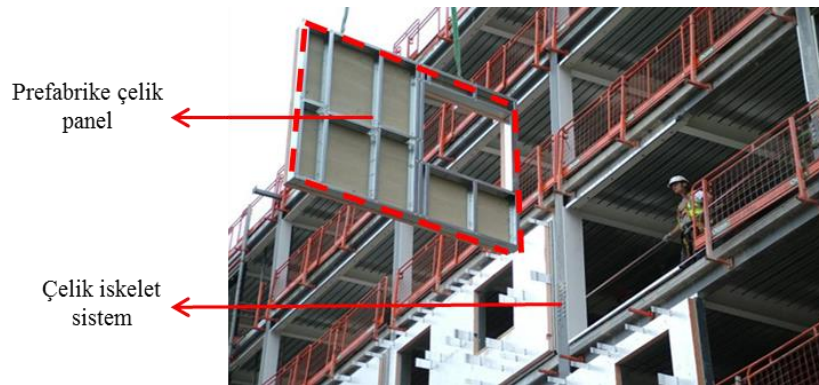
Prefabrike çelik paneller, strüktürel veya bölücü eleman olarak kullanılabilir. Sistem elemanları çelik çerçeveler, çatı panelleri, duvar panelleri ve döşeme panelleridir (Şekil 76). Prefabrike çelik panel sistemlerin strüktürel olarak kullanımında, yükler çelik paneller aracılığıyla betonarme temele aktarılır. Çelik panellerin birleşimleri bulonlu ya da kaynaklı olmaktadır (Eşiyok, 2000).



Şekil 76. Prefabrike çelik paneller ve yapıda kullanım şekilleri (URL-67, 2018; URL-68, 2018; URL-69, 2018; URL-70, 2018; URL-71, 2018)

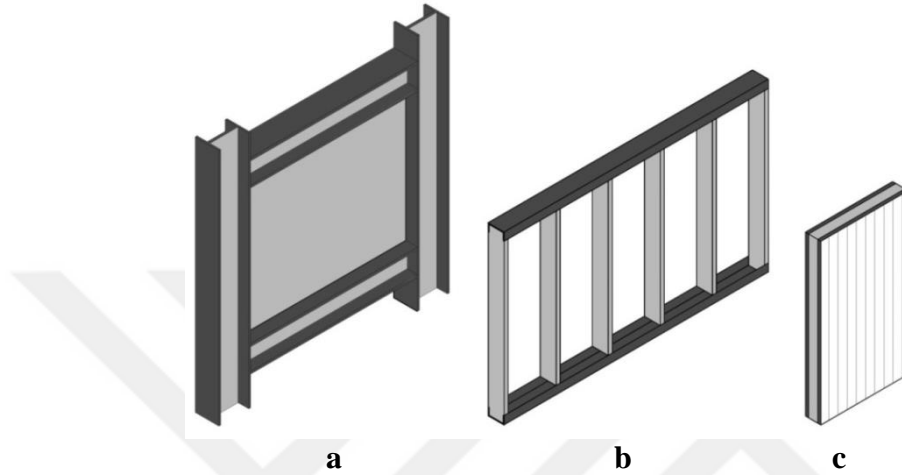
Prefabrike çelik paneller, büyük, orta ve küçük boyutlu olabilmektedirler. Küçük ve orta boy prefabrike çelik panellerin kullanımı yaygın değildir. Çelik paneller farklı işlevli yapılarda kullanılabilir (Ticari, turizm, konut vb.). Çelik panellerin kullanımı II. Dünya Savaşı'ndan sonra artan ihtiyaca yönelik olarak, konutlarda yaygınlaşmıştır (Terim, 2006).

Prefabrike çelik paneller hibrit yapılarda kullanılabilir. İskelet sistemler veya hücre sistemler ile birlikte strüktürel amaçlı kullanılabilen paneller, bu sistemlerin içerisinde bölücü amaçla da yer alabilir (Şekil 77).



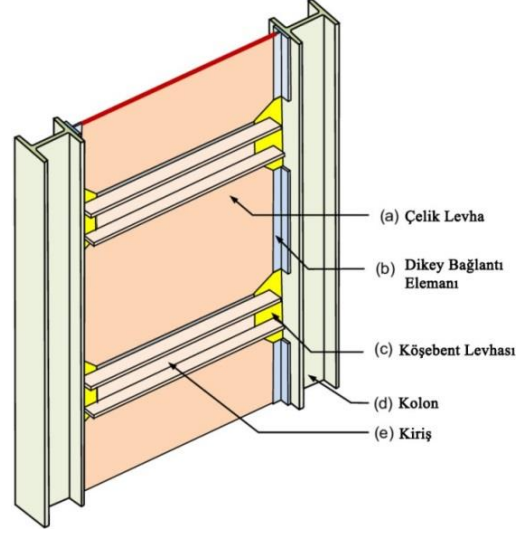
Şekil 77. Prefabrike çelik panel ile hibrit yapı örneği (URL-72, 2018)

Prefabrike çelik paneller, bünyesinde kullanılan strüktürel elemanların ve katmanların farklılaşmasına göre birbirinden ayrılabilirler. Bu çalışmada çelik levha perde duvar paneli, hafif çelik çerçeve paneller ve çelik sandviç paneller olmak üzere 3 tip çelik panel türü incelenmiştir (Şekil 78).



Şekil 78. Panel türleri: (a) çelik levha perde duvar paneli, (b) hafif çelik çerçeve panel, (c) çelik sandviç panel

Çelik levha perde duvar paneli (Steel Plate Shear Wall Panel - SPSW), taşıyıcı elemanlar ile sınırlandırılmış çelik dolgu duvarlardan oluşur. Taşıyıcı elemanlar çelik kolon ve kirişler, dolgu elemanı ise çelik levhalardır (Şekil 79). 20. yy.'nın sonlarında laboratuvar ortamında yapılan deneyler sonucunda geliştirilmeye başlanan bu elemanın yanal kuvvetlere karşı üstün performans verdiği gözlemlenmiştir. Bu özelliği gelişime açık olan SPSW paneller için çeşitli yasalar düzenlenmiştir ve düzenlenmeye devam etmektedir (URL-73, 2018).



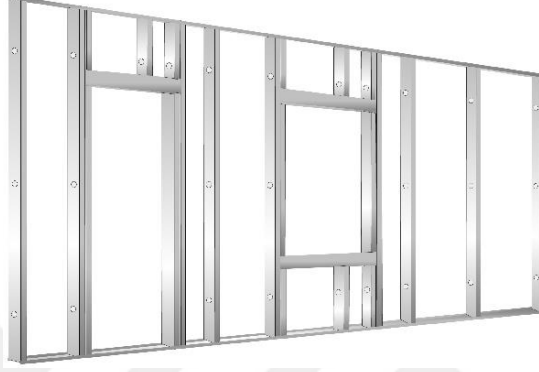
Şekil 79. Çelik levha perde duvar paneli (Qian ve Astaneh-Asl, 2016)

Depreme karşı kullanılan önemli bir yapı malzemesi haline gelen SPSW paneller az ve çok katlı her tür yapıda kullanabilmektedir. Betonarme perde duvarlara karşı maliyet, hafiflik, kalite ve yapım hızı konusunda avantaj sağlayan bu paneller genellikle yüksek katlı yapıların çekirdek kısımları için tercih edilmektedir. SPSW paneller, fabrika ortamında bir veya birkaç kat yüksekliğinde üretilmektedir (Şekil 80) (URL-73, 2018; URL-74, 2018; URL-75, 2018). Gelişimi devam etmekte olan panellerin günümüzde kullanıldığı en yüksek yapı Çin'de bulunan 73 katlı Tianjin Jinta Kulesidir (Qian ve Astaneh-Asl, 2016).



Şekil 80. SPSW panel üretim aşaması (URL-75, 2018)

Hafif çelik çerçeve paneller (Light Gauge Steel Panel), soğuk sac levhaya bilgisayar ortamında şekil verilmesi ile üretilen profillerin çerçeve haline getirilmesi ile oluşturulur (Şekil 81). Panellere hafif denilmesinin nedeni, üretilen profillerin kesit kalınlığının ince olmasıdır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra Amerika'da ortaya çıkan bu sistem, yapı sektörüne otomotiv, tren ve uçak sektörlerinden gelmiştir (Terim, 2006; Yıldırım, 2003).

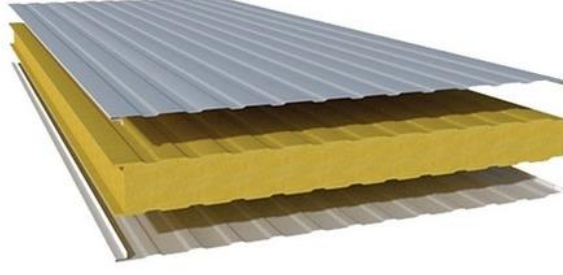


Şekil 81. Hafif çelik çerçeve panel (URL-76, 2018)

Hafif çelik çerçeve paneller, sistemin kuruluşu açısından ahşap sistemle oldukça benzerlik göstermektedir. Bölücü ve taşıyıcı olarak kullanılabilen hafif çelik çerçeve paneller, konut üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Hafif çelik çerçeve paneller; duvar, döşeme ve çatı elemanı olarak üretilir. Bu paneller farklı strüktür sistemleri ile birlikte kullanılmadıkça (hibrit strüktür), en fazla 3 kata kadar yapı yapılabilir (Terim, 2006).

Maliyet, yapım hızı ve deprem performansı konusunda avantajlı olan hafif çelik çerçeve paneller, çeliğin ısı iletken malzeme olması, korozyon ve yangına dayanıksız olması nedeniyle ek önlemler gerektirmektedir (Terim, 2006).

Çelik sandviç paneller (Steel Sandwich Panel), yün veya köpük esaslı yalıtım malzemelerinin iki tarafına çelik sacın yapıştırılmasıyla üretilmektedir (Şekil 82). Genellikle bölücü olarak kullanılan bu panellerin strüktürel olarak kullanımı durumunda tek katlı yapı üretimi mümkündür. Bu paneller, duvar ve çatı paneli olarak üretilmektedir (URL-77, 2018; URL-78, 2018).



Şekil 82. Çelik sandviç panel (URL-79, 2018)

Çelik sandviç paneller, genellikle endüstriyel yapılarda bölücü duvar veya çatı paneli olarak kullanılmaktadır. Konut üretiminde strüktürel olarak kullanımı yaygın olmayan çelik sandviç paneller ile genellikle acil durumlar için hızlı yapılan, ekonomik ve iyi yalıtım özelliğine sahip tek katlı evler üretilmektedir (URL-77, 2018; URL-78, 2018).

2.1.2.2.3.1. Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Çelik Panel Sistemler

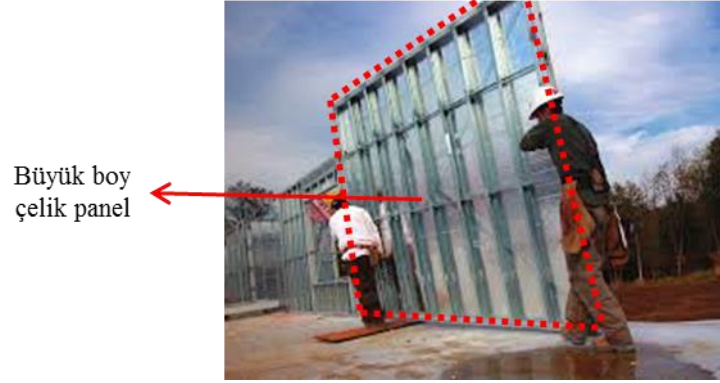
Bu çalışmada konut üretiminde kullanılan prefabrike çelik panel sistemler panel boyutlarına (genişliklerine) göre sınıflandırılmıştır ve 2 başlıkta incelenmiştir:

1. Prefabrike büyük boy prefabrike çelik paneller
2. Prefabrike küçük ve orta boy prefabrike çelik paneller

2.1.2.2.3.1.1. Büyük Boy Çelik Paneller

Prefabrike büyük boy çelik paneller, 240 cm'den geniş çelik paneller olarak sınıflandırılmaktadır. Bu tür paneller; doğramaları, kaplamaları ve tesisatı içinde bulunduracak biçimde yüksek derece prefabrikasyona uygun olarak üretilebilirler. II. Dünya Savaşı'ndan sonra yaygınlaşan bu paneller, günümüzde de sıklıkla kullanılmaktadır.

Prefabrike büyük boy ahşap paneller, döşeme, duvar, çatı ve merdiven yapımında kullanılabilirler (Şekil 83).



Şekil 83. Prefabriye büyük boy çelik paneller ile örnek bir konut uygulaması (URL-80, 2018)

2.1.2.2.3.1.2. Küçük ve Orta Boy Çelik Paneller

Prefabriye küçük ve orta boy çelik paneller, 240 cm genişliğe kadar olan çelik panelleri sınıflandırmaktadır. Bu tür paneller, taşıma, depolama ve montajda avantaj sağlamasına rağmen konut üretiminde büyük boy çelik paneller kadar yaygın kullanılmamaktadır. Küçük ve orta boy çelik paneller, doğramaları, kaplamaları ve tesisatı içinde bulunduracak biçimde yüksek derece prefabrikasyona uygun olarak üretilebilmektedirler.

Prefabriye küçük ve orta boy beton paneller, döşeme, duvar, çatı ve merdiven yapımında kullanılabilirler (Şekil 84).



Şekil 84. Prefabriye küçük ve orta boy çelik paneller ile örnek bir konut uygulaması (URL-81, 2018)



2.1.2.2.3.2. Prefabrike Çelik Panel Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri

Prefabrike çelik panel yapım sistemleri, konutlarda kullanımına göre büyük boy, küçük ve orta boy panel sistemler olmak üzere 2 sınıfa ayrılmıştır. Bu sistemlerin konutlarda kullanımları, Tablo 14 - 15’de örnekler ile gösterilmiştir.

Tablo 14. Prefabrike büyük boy çelik panel uygulama örneği (URL-82, 2018)

Yapının Adı	Shahrad Kasabası Sosyal Konut Projesi	
Yapının Mimarı	-	
Yapım Yeri	Şahrud, İran	
Yapım Yılı	Devam etmektedir	
Kat Sayısı	3	
Strüktürel Kurgu	Büyük boy prefabrike çelik panel sistem	
Strüktür Malzemesi	Hafif çelik çerçeve panel sistem	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Hafif çelik çerçeve panel sistem	
Duvarlar	Hafif çelik çerçeve panel sistem	
Döşemeler	Hafif çelik çerçeve panel sistem	
Çatı	Hafif çelik çerçeve panel sistem	
Çekirdek	Çelik	
Strüktürel Anlatım	İran’da sosyal konut projesi olarak başlayan proje %85 oranında tamamlanmıştır. 500 konuttan oluşan projenin büyük bölümü tamamlanmıştır. Konutların temeli betonarmedir. Yapının duvar, döşeme ve çatı strüktürü büyük boy hafif çelik çerçeve sistemden oluşmaktadır. Hafif yapısı ile montaj ve taşıma kolaylığı sunan hafif çelik çerçeve paneller, yapım hızı açısından sosyal konut projesi için uygun strüktür olarak seçilmiştir.	
Fotoğraflar		
	Sosyal konut projesi yapım aşaması	

Tablo 15. Prefabrike küçük boy çelik panel uygulama örneği (URL-83, 2018)

Yapının Adı	Prefabrik Ev	
Yapının Mimarı	-	
Yapım Yeri	-	
Yapım Yılı	-	
Kat Sayısı	1	
Strüktürel Kurgu	Prefabrike Küçük Boy Çelik Panel Sistem	
Strüktür Malzemesi	Çelik sandviç panel	
Temel	Betonarme veya zemine ankraj edilmiş çelik ayaklar	
Duvarlar	Çelik sandviç panel	
Döşemeler	Değişken (beton, ahşap ve çelik olabilir)	
Çatı	Çelik sandviç panel	
Çekirdek	-	
Strüktürel Anlatım	Bu tip prefabrike evler afet durumlarında veya savaş durumlarında göçmenlerin barınacağı mesken oluşturmak için acil durumlarda kullanılmaktadır. Betonarme temel veya zemine ankre edilmiş çelik ayakların üstüne kurgulanmaktadır. Tek katlı yapılan yapıların duvar ve çatısı çelik sandviç panellerden oluşmaktadır. Yapının zemin döşemesi beton, ahşap ve çelik gibi farklı malzemelerden yapılabilmektedir. Panellerin birleşimleri birbirine geçmeli ya da alt ve üst başlığa monte şeklinde olabilmektedir.	
Fotoğraflar		
		
Prefabrike küçük boy çelik panel uygulaması		

2.1.2.3. Prefabrike Hücre Sistemler

Hücre sistemler, bir yapıyı oluşturmak için birbirine bağlanan modüler yapı ünitelerinden oluşur. Yapıyı oluşturan her bir yapı ünitesine hücre denilmektedir. Hücreler, duvar ve döşeme elemanlarından oluşmaktadır. Prefabriklik derecesine bağlı olarak ince işçilikleri (doğramalar, tesisat donatıları, kaplamalar vb.) de üretim aşamasında tamamlanabilmektedir (Şekil 85) (Staib vd., 2008).



Şekil 85. Hücre sistem ile yapı üretimi (URL-84, 2018)

Hücre sistemi mimarisi, 1960'lı yıllarda mimarların geçici, mobil, yeni malzeme, montaj ve demontaj teknikleri kullanılan projeler geliştirdiği ütopyik idealler ile ilişkilendirilmektedir. Günümüzde bu yapım tekniği, inşa süresinin kısılması ve kalitenin artması için sıklıkla kullanılmaktadır (Smith, 2010).

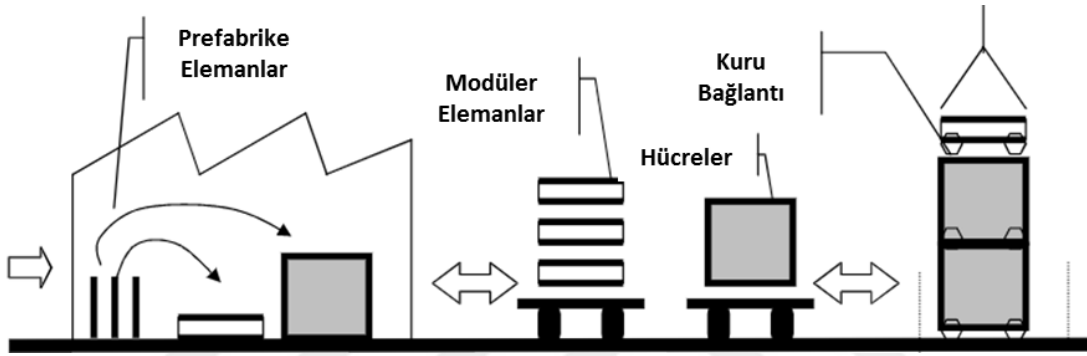
Prefabrike ürünler göz önüne alındığında, hücre sistemler prefabriklik derecesi en yüksek olan yapı elemanlarıdır. Bu elemanların bitmişlik düzeyleri %95'e kadar çıkmaktadır ve şantiye alanında çok az işçilik ile çok kısa sürede yapım tamamlanabilmektedir (Smith, 2010).

Hücreler, oluşturdukları yapının taşıyıcısı olabilirler ya da bölücü olarak kullanılarak sadece kendi ölü yüklerini taşıyabilirler. Hücreler, boyutları ve modüler yapım sistemi gereğince tasarım esnekliğini oldukça kısıtlamaktadır. Bu nedenle ön planlama oldukça önem kazanmaktadır. Ön planlama dahilinde hücreler üretilcekleri projeye göre özelleştirilerek inşa edilebilmektedir (Staib vd., 2008).

Prefabrike hücreler; ıslak hacim, asansör ve merdiven çekirdeği, mekanik servis ünitesi, çatı, balkon ve yaşam mekanları modüllerinin yapımında kullanılabilir. 20.

yy.'da yaygın olarak geçici yapılarda kullanılan hücreler, 21. yy.'da ki gelişmelerle birlikte kalıcı ve her tür işlevi barındıran binalarda kullanılabilir (Lawson vd., 2014).

Hücre sistemler ile yapım 4 aşamada gerçekleşmektedir. Bu aşamalar; kullanıcı ve düzenleyici tarafların onaylaması, hücre elemanlarının üretimi, modül ünitelerin nakliyatı ve bu hücrelerin montaj edilerek yapının tamamlanmasıdır (Şekil 86). Hücrelerin şantiye dışındaki üretim süreci süresinde, şantiye alanında yapım ve hazırlık aşamaları sürmektedir. Böylece yapım hızı artmakta ve buna bağlı olarak yapım maliyeti düşülebilmektedir (Erturan ve Eren, 2012).

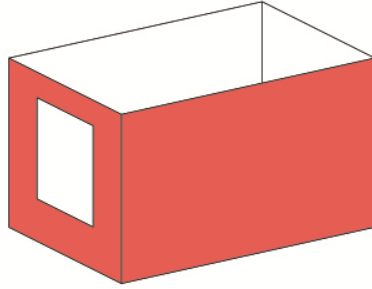


Şekil 86. Hücre sistem ile yapım aşamaları (Gassel van ve Roders, 2006)

Hücre sistemlerin literatürde farklı özelliklerine göre sınıflandırmaları mevcuttur. Bu sınıflandırmalar statik açıdan, montaj şekillerine göre, kullanım şekillerine göre, biçimsel özelliklerine göre ve kuruluş şekillerine göre yapılmaktadır (Erturan ve Eren, 2012). Bu sınıflandırmalar içerisinde yaygın olarak kullanılanlar şunlardır (Sezer, 2015):

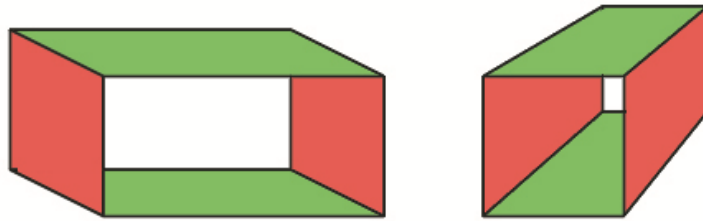
- Biçimsel özelliklerine göre hücre sistemler
 - Açık hücreler
 - Kapalı hücreler
 - Kısmen açık hücreler
- Kuruluş şekillerine göre hücre sistemler
 - İskelet sistemli hücreler
 - Panel sistemli hücreler

Kapalı hücreler, duvar ve döşeme elemanları ile sınırlanmış, gelişme olanağı olmayan kapalı hacimlerdir (Şekil 87). Prefabrikasyon dereceleri oldukça yüksektir ancak tasarım esnekliği kısıtlıdır (Erturan ve Eren, 2012).



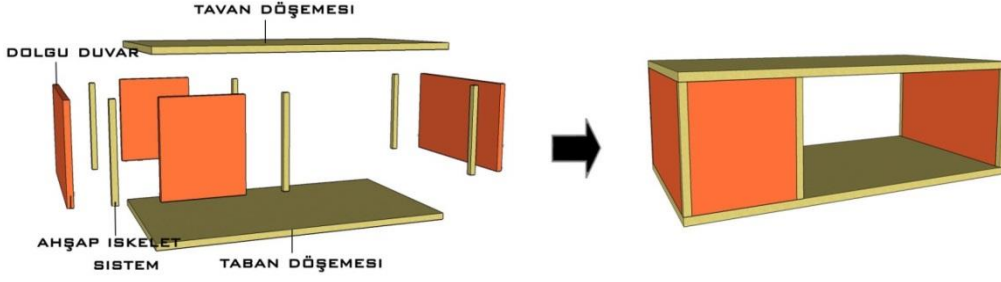
Şekil 87. Kapalı hücre (Sezer, 2015)

Açık hücreler, enlemesine veya boylamasına yüzeyleri sınırlanmamış hücrelerdir (Şekil 88). Bu tür hücreler yan yana gelerek daha büyük mekanlar oluşturabilmektedir. Bu nedenle gelişime açık bir sistemdir (Sezer, 2015).



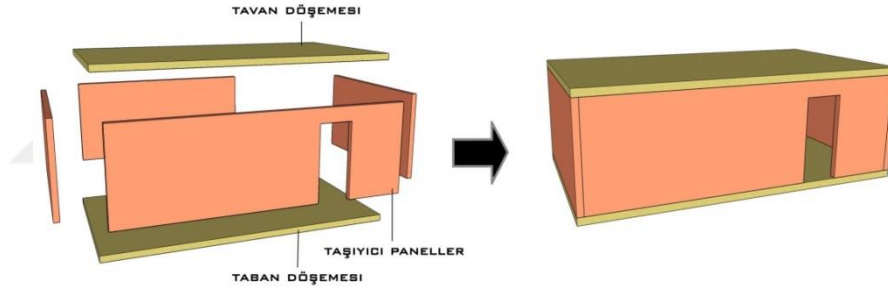
Şekil 88. Açık hücreler (Sezer, 2015)

İskelet sistemli hücreler, düşey yüklerin kolonlar veya dikmeler aracılığıyla aktarıldığı, taşıma ve bölme işlevlerinin ayrı elemanlar ile yapıldığı sistemlerdir (Şekil 89). İskelet sistem ile inşa edilen hücreler, biçimsel olarak açık hücrelerdir. Bu tür hücrelere bölücü duvarlar eklenerek kapalılık sağlanabilmektedir (Sezer, 2015).



Şekil 89. İskelet sistemli hücre

Panel sistemli hücreler, düşey yüklerin düzlemsel elemanlar ile aktarıldığı sistemlerdir (Şekil 90). Bu hücreler genellikle uzun kenarlarında bulunan panel elemanlar aracılığıyla taşınmaktadır. Kısa kenarda bulunan panel elemanlar ise yapının stabilitesini sağlamaktadır (Sezer, 2015).



Şekil 90. Panel sistemli hücre

2.1.2.3.1. Prefabrike Beton Hücre Sistemler

Prefabrike beton hücreler, 1960 döneminde hızlı konut ihtiyacına cevap olarak yaygın şekilde kullanılmıştır. Ancak ağırlığından dolayı nakliye ve montaj sırasında ortaya çıkan problemler, bu hücrelerin günümüzde kullanım oranını çelik ve ahşap hücrelere oranla azaltmıştır (Smith, 2010).

Prefabrike beton hücreler ile inşaat yapımı, yerinde betonarme yapımın temel prensipleri ile oldukça benzerdir ve fabrika ortamında kalıplara dökülerek üretilmektedir. Beton hücreler, mümkün olduğunca standart boyutlarda üretilmelidir ve üreticinin elindeki

mevcut kalıplardan yararlanılmalıdır. Aksi takdirde yeni kalıp yapımıyla birlikte maliyet artacak ve yapım süresi uzayacaktır (Lawson vd., 2014).

Prefabrike beton hücreler, yüklerini yatay ve düşey taşıyıcıları aracılığıyla betonarme temele aktarmaktadır. Hücrelerin düşey taşıyıcıları, birbirleri ile aynı hizada olmalıdır. Yük taşıma işlevi görmeyen bölücü duvarların yerleri farklılaşabilmektedir (Lawson vd., 2014).

Prefabrike beton hücrelerin yatay ve düşey taşıyıcıları, sürekli bir şekilde (birleşim noktası olmadan) üretilmektedir. Bu nedenle beton hücreler; beton panel veya iskelet sistemlere oranla stabilitesi daha yüksek yapı elemanlarıdır; çelik ve ahşap strüktürlü hücrelerden farklı olarak, ıslak birleşimli (yerinde dökme beton ile birlikte montajlama) olabilmektedir. Bu nedenle hücreler birleşmeden önce detaylandırmaları iyi planlanmalıdır (Lawson vd., 2014).

Prefabrike beton hücrelerin kullanımında bir diğer önemli faktör de hücrenin ağırlığıdır. Diğer hücre sistemlere oranla oldukça ağır olan beton hücreler, özel taşıma ve montaj ekipmanı gerektirmektedir. Ayrıca montaja gelen hücrelerin depolanması için şantiye alanında gerekli yer ayrılmalıdır (Lawson vd., 2014) (Staib vd., 2008).

Beton hücreler, yerinde dökme betonun kullanılabilirdiği tüm işlevlerde (turizm, ticaret, sosyal konut vb.) kullanılabilse de otel, hapisane ve okul işlevlerinde kullanımı daha yaygındır. Şantiye alanına tesisatı ve doğramaları monte edilmiş şekilde getirilebilmektedir. Kaplama gerektirmeyen yüzeylerine istenildiği takdirde şantiyede veya üretici tarafından fabrikada kaplama yapılabilmektedir (PCI, 2007).

Hücre sistemlerde, modüllerin yan yana veya üst üste gelmesiyle oluşan çift duvar veya çift döşeme katmanının yangın güvenliği ve yalıtımlar açısından faydası vardır. Ancak beton hücreler oldukça ağır yapı elemanları olduğu için bu çift katman ile oluşturulan sistem mümkün olduğunca tek katmana indirilmektedir. Örneğin diğer bir hücrenin üstüne gelen hücrenin döşemesi açık bırakılarak, alttaki hücrenin tavanı üstteki hücrenin döşemesi olabilmekte ve böylece yapının ölü yükü olabildiğince azaltılmaya çalışılmaktadır (Şekil 91) (Lawson vd., 2014) (Staib vd., 2008).



Şekil 91. Prefabrike beton hücre ile yapım örneği (URL-85, 2018)

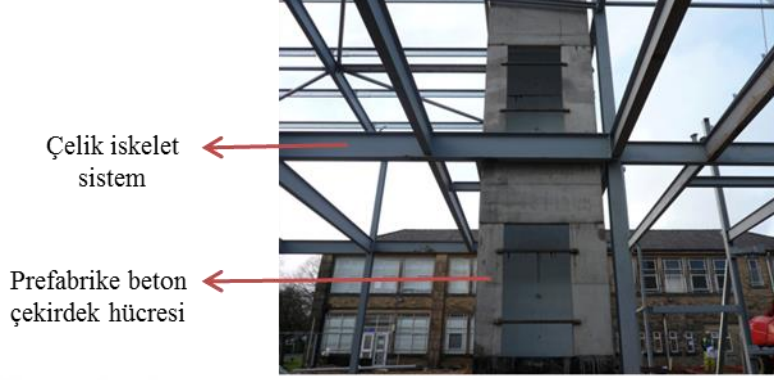
Prefabrike beton hücreler ile yapının yaşam mekanları, çekirdek bölümü ve çatısı inşa edilebilir. Beton hücreler ile oluşturulan çatı sistemleri ayrı bir modül olarak veya bir modülün tavanı niteliğinde oluşturulabilmektedir; çekirdek modülleri ise perde duvar niteliğindedir, bu hücrelerin içine yerleştirilen merdivenler, betonarme veya çelik malzemedен yapılmaktadır (Şekil 92).



Şekil 92. Prefabrike beton çekirdek ve çatı modülü (URL-86, 2018; URL-87, 2018; URL-88, 2018; URL-89, 2018; URL-90, 2018)

Prefabrike beton hücreler, yaygın olarak hibrit yapım sistemlerinde de kullanılmaktadır. Hücreler, bağımsız bir iskelet sistemin boşluklu gözlerine monte edilerek bölücü niteliğinde kullanılmaktadır veya bir yapının çekirdek bölümü bu hücrelerden oluşturularak yapım süresi kısaltılmaktadır (Şekil 93) (Eşiyok, 2000). Prefabrike beton

hücreler ile inşa edilen yapıların yükseklikleri sınırlıyken, bu hücrelerin kullanıldığı hibrit yapılarda kat sayısı 20 ve üstüne çıkabilmektedir (Smith, 2010).



Şekil 93. Prefabrike beton hücrenin çekirdekte kullanıldığı hibrit yapı örneği (URL-91, 2018)

2.1.2.3.1.1. Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Beton Hücre Sistemler

Prefabrike beton hücre sistemler, bünyesinde kullanılan strüktürel elemanların farklılaşmasına göre birbirinden ayrılabilir. Bu çalışmada konut üretiminde kullanılan beton hücre sistemler 2 başlıkta incelenmiştir:

1. İskelet sistemli prefabrike beton hücreler
2. Panel sistemli prefabrike beton hücreler

2.1.2.3.1.1.1. İskelet Sistemli Beton Hücreler

İskelet sistemli prefabrike hücreler, karşılıklı kolonlar ve döşeme elemanlarından oluşan bir yapı elemanıdır (Şekil 94). Hücrenin kolonları genellikle art gerilmeli beton ile üretilmektedir (Sezer, 2015). Kolon ve kirişlerin boyutları, hücrenin büyüklüğü ve yapının kat yüksekliğine göre değişmektedir. Kolonların arası, hücrenin kullanım durumuna göre, bölücü duvarlar ile kapatılabilir ya da tamamen açık hücre olarak bırakılabilir. Bölücü duvarlar, genellikle hücre yapımında taşıyıcı duvarlar ile birlikte üretilmektedir ancak farklı tür bölücüler ile hücreyi oluşturmak da mümkündür.



Şekil 94. İskelet sistemli prefabrike beton hücre (URL-92, 2015)

İskelet sistemli prefabrike beton hücrelerin kullanımı yaygın değildir. Bu sistem genellikle panel sistem ile birlikte kullanılmaktadır. Ancak hücrenin esas taşıyıcısı kolonlardır. Bu tür hücrelerde kullanılan paneller, taşıyıcı panellere oranla zayıf üretilmektedir. Bu hücreler, çoğunlukla uzun kenarları açık olan hücrelerin yapımında kullanılmaktadır.

2.1.2.3.1.1.2. Panel Sistemli Beton Hücreler

Panel sistemli prefabrike beton hücreler, döşeme panelleri ve perde duvarlardan oluşmaktadır (Şekil 95). Hücreyi oluşturan yapı elemanları (döşemeler ve duvarlar) birlikte dökülmektedir. Yük taşıyıcı elemanların fazlalığından dolayı yapının stabilitesi oldukça yüksek olmaktadır. Hücrelerin betonarme duvarları tek yönde ya da iki yönde çalışacak şekilde hücreler üretilebilmektedir. Hücrelerin taşıyıcı duvarlarının tek yönde çalışması deprem kuvvetleri açısından olumsuzluk yaratabilmektedir (Lawson vd., 2014) (Sezer, 2015).



Şekil 95. Panel sistemli prefabrike beton hücre (URL-93, 2018)

Panel sistemli prefabrike hücreler, taşıyıcı nitelikte kullanılması durumunda birbirlerinin üstüne yığılarak inşa edilmektedir. Bu yapım türünde alt tarafta kalan hücrelerin taşıyıcılarına daha fazla yük geleceği için taşıyıcı kesiti veya dayanım gücü fazla olmalıdır. Bu hücrelerin çelik veya betonarme iskelet sistem ile kurulmuş bir strüktürün boş gözlerine monte edilerek kullanılması da yaygın bir yapım türüdür (Eşiyok, 2000).

Son yıllarda Dünya'nın içinde bulunduğu durum nedeniyle sürdürülebilirlik, geri dönüşüm ve minimum sarfiyat kavramları altında inşaat yapım yöntemleri aranmaktadır. Bu arayışın içinde farklı tür beton hücre yapısı ortaya çıkmıştır. Geri dönüşümlü kullanılabilen betonarme alt yapı kanalizasyon borularından beton hücre olarak yararlanılmaktadır. Mevcut uygulamaları bulunan bu sistem ile yapılan tasarımlar artmaktadır. Bu sistemin yüksek katlı yapılarda kullanılması durumunda, farklı tür yapım sistemi ile inşa edilen çekirdek strüktüre bağlanması çözüm olarak sunulmaktadır (Şekil 96).





Şekil 96. Beton kanalizasyon borusunun yapımda kullanımı (URL-94, 2018)


2.1.2.3.1.2. Prefabrike Beton Hücre Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri

Prefabrike beton hücre yapım sistemleri, konutlarda kullanımlarına göre iskelet sistemli ve panel sistemli hücre sistemler olmak üzere 2 sınıfa ayrılmıştır. Bu sistemlerin konutlarda kullanımları, Tablo 16 - 17’de örnekler ile gösterilmiştir.

Tablo 16. İskelet sistemli prefabrike beton hücre uygulama örneği (URL-95, 2018)

Yapının Adı	Habitatges Universitaris a Banyoles	
Yapının Mimarı	Xavier Tragant y Miguel Morte	
Yapım Yeri	Girona, İspanya	
Yapım Yılı	2010	
Kat Sayısı	4	
Strüktürel Kurgu	İskelet sistemli prefabrike beton hücre sistem	
Strüktür Malzemesi	Betonarme	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	İskelet sistemli prefabrike beton hücre sistem	
Duvarlar	İskelet sistemli prefabrike beton hücre sistem	
Döşemeler	İskelet sistemli prefabrike beton hücre sistem	
Çatı	İskelet sistemli prefabrike beton hücre sistem – Çelik iskelet sistem – Düz çatı	
Çekirdek	-	
Strüktürel Anlatım	İspanya’da inşa edilen 4 katlı konut 32 adet betonarme hücreden oluşmaktadır. Tüm kaplamaları ve donatıları üretim alanında monte edilerek yüksek derecede prefabriklik derecesinde üretilen hücreler, kısa sürede birleştirilerek konut oluşturmaktadır.	
Fotoğraflar		
		Habitatges Universitaris a Banyoles Binası yapım aşaması

Tablo 17. Panel sistemli prefabrike beton hücre uygulama örneği (URL-96, 2018)

Yapının Adı	Al Ruwais Villa Prototipi	
Yapının Mimarı	DUBOX Firması	
Yapım Yeri	Abu Dabi, BAE	
Yapım Yılı	2014	
Kat Sayısı	2	
Strüktürel Kurgu	Panel sistemli prefabrike beton hücre sistem	
Strüktür Malzemesi	Betonarme	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Panel sistemli prefabrike beton hücre sistem	
Duvarlar	Panel sistemli prefabrike beton hücre sistem	
Döşemeler	Panel sistemli prefabrike beton hücre sistem	
Çatı	Panel sistemli prefabrike beton hücre sistem – Düz çatı	
Çekirdek	Beton	
Strüktürel Anlatım	Abu Dabi'de inşa edilen villa prototipi 27 adet betonarme hücreden oluşmaktadır. Bu hücreler, monolitik olarak kalıp içerisinde inşa edilmek yerine prefabrike panellerin birleşmesi ile üretilmiştir. Bu yapının, tasarım, hazırlık, yapım ve inşadan oluşan tüm süreci 14 hafta, hücrelerin montajı ise 9 gün sürmüştür. Yapının dış cephe kaplaması şantiye alanında yapılmıştır.	

Fotoğraflar



Al Ruwais Villa prototipi yapım aşaması

2.1.2.3.2. Prefabrike Ahşap Hücre Sistemler

Prefabrike ahşap hücreler, strüktürel veya bölücü eleman olarak kullanılabilirler. Prefabrike ahşap hücre sistemlerin strüktürel olarak kullanımının prensibi yığma sistemlere dayanmaktadır. Birbirlerinin üstlerine konularak oluşturulan sistemler (Şekil 97), yüklerini genellikle betonarme temele aktarmaktadır.



Şekil 97. Prefabrike ahşap hücre ile yapım örneği (Staib vd., 2008)

Ahşap hücreler genel olarak modüler düzenleme prensiplerine göre kombine edilen düşey duvar panelleri ve yatay döşeme panellerinden oluşur. Hücreler sadece kübik formlar olarak değil, aynı zamanda beşik çatı veya eğimli çatı formunda da üretilebilmektedir (Şekil 98) (Staib vd., 2008). Eğimli formda üretilen hücrelerde taşıma problemleri ortaya çıkabilmektedir. Böyle durumlarda çatı konstrüksiyonu, hücrelerin üstüne ayrı bir strüktür ile inşa edilebilmektedir (Smith, 2010).



Şekil 98. Açısal formda üretilmiş prefabrike ahşap hücre örneği (URL-97, 2018)

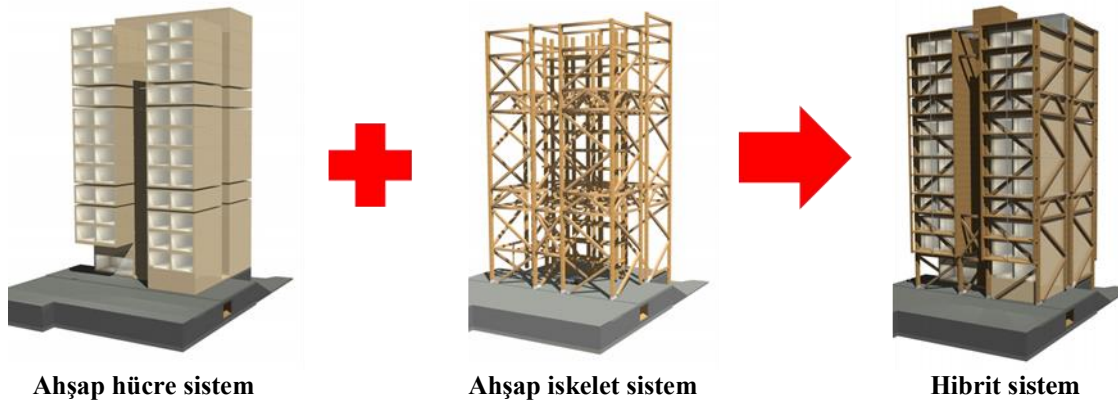
Ahşap hücre sistemler çeşitli işlevli yapılarda kullanılabilir (Ticari, turizm, konut vb.). Bu hücrelerin kullanımı özellikle küçük ölçekli projeler ve az katlı konutlarda yaygındır. Çünkü bireysel talepleri modern yapım teknolojileri ile kolayca karşılayabilmektedir. Kullanılan ahşap hücreler, demonte tasarıma uygun detaylarda birleştirildiğinde tekrar kullanılabilir (Staib vd., 2008).

Prefabrike ahşap hücreler ile yapının yaşam mekanları ve çatısı inşa edilebilir. Çatı hücreleri ayrı bir modül olarak veya bir yaşam mekanının tavanı çatıyı oluşturacak şekilde üretilmektedir (Şekil 99).



Şekil 99. Prefabrike ahşap çatı hücreleri (URL-98, 2018; URL-99, 2018)

Prefabrike ahşap hücreler, hibrit yapılarda da kullanılabilir. Bu tür yapım sistemlerinde ahşap hücreler; iskelet strüktürden oluşan yapılara bölücü niteliğinde monte edilmekte veya farklı yapım malzemesinden üretilmiş (genellikle betonarme) çekirdeğe bağlanmaktadır (Şekil 100). Prefabrike ahşap hücrelerin hibrit sistemlerde kullanılmasıyla yüksek katlı yapılar yapılabilir.



Şekil 100. Hibrit bina (Treet Binası) yapım sistemi anlatımı (URL-100, 2018)

2.1.2.3.2.1. Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Ahşap Hücre Sistemler

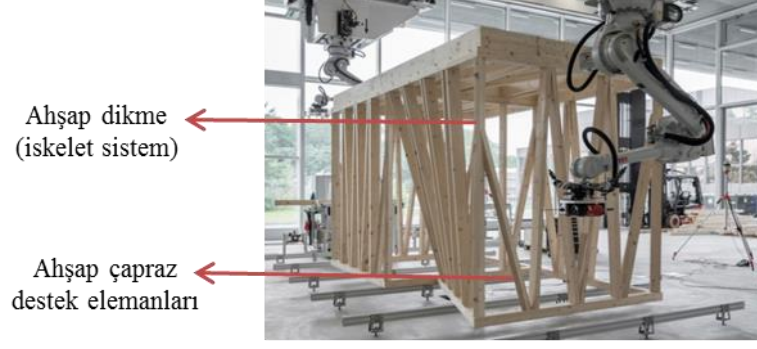
Prefabrike ahşap hücre sistemler bünyesinde kullanılan strüktürel elemanların farklılaşmasına göre birbirinden ayrılabilir. Bu çalışmada konut üretiminde kullanılan ahşap hücre sistemler 2 başlıkta incelenmiştir:

1. İskelet sistemli prefabrike ahşap hücreler
2. Panel sistemli prefabrike ahşap hücreler

2.1.2.3.2.1.1. İskelet Sistemli Ahşap Hücreler

İskelet sistemli prefabrike ahşap hücreler, düşey yüklerin ahşap dikmeler aracılığıyla aktarıldığı hücrelerdir. Ahşap iskelet sistemler, hücrenin köşelerinde ve ara dikme olarak kenarlarında konumlanmaktadır. Hücrenin dikmelerinin arasına bölücü oluşturmak için taşıyıcı olmayan ara dikme elemanları gelebilmektedir.

İskelet sistemli hücrelerin taşıyıcı olarak kullanılması durumunda, üst üste gelen hücrelerin dikmeleri birbiri ile hizalı olmalıdır. Art arda gelen ahşap dikmeler arasındaki mesafe, kat adedi ve hücre büyüklüğüne bağlı olarak 30 cm ile 60 cm arasında değişmektedir. Hücrelerin dikmeleri döşeme plaklarına monte edilmektedir ve yapılan hesaplar gereğince çapraz destek elemanları ile desteklenebilmektedir (Şekil 101) (Sezer, 2015).



Şekil 101. Prefabrike ahşap hücre sistem ve destek elemanları (URL-101, 2018)

İskelet sistemli prefabrike ahşap hücreler açık hücre olarak nitelendirilmektedir. Bu hücreler, genellikle dolgu duvar denilen taşıyıcı olmayan paneller veya bölücü elemanlarla gerektiği kadar kapatılmaktadır (Şekil 102).



Şekil 102. İskelet sistemli prefabrike ahşap hücre (URL-102, 2018)

2.1.2.3.2.1.2. Panel Sistemli Ahşap Hücreler

Panel sistemli prefabrike ahşap hücreler, düşey yüklerin ahşap panel sistemler aracılığıyla aktarıldığı hücrelerdir. Farklı türde taşıyıcı nitelikli ahşap panellerden (masif ahşap paneller, kompozit ahşap paneller vb.) oluşturulabilen hücrelerin üretiminde öncelikle taşıyıcı sistem oluşturulmakta daha sonra yalıtım ve bitirme işlemleri yapılmaktadır. (Sezer, 2015).

Panel sistemli prefabrike ahşap hücreler kapalı veya kısmen kapalı hücre olarak nitelendirilmektedir (Şekil 103).



Şekil 103. Panel sistemli prefabrike ahşap hücre (URL-103, 2018)

2.1.2.3.2.2. Prefabrike Ahşap Hücre Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri

Prefabrike ahşap hücre yapım sistemleri, konutlarda kullanımına göre iskelet sistemli ve panel sistemli hücre sistemler olmak üzere 2 sınıfa ayrılmıştır. Bu sistemlerin konutlarda kullanımları, Tablo 18 - 19'da örnekler ile gösterilmiştir.

Tablo 18. İskelet sistemli prefabrike ahşap hücre uygulama örneği (URL-104, 2018; URL-105, 2018; URL-106, 2018)

Yapının Adı	Taft Evi	
Yapının Mimarı	Skylab Mimarlık	
Yapım Yeri	Portland, ABD	
Yapım Yılı	2013	
Kat Sayısı	2	
Strüktürel Kurgu	İskelet sistemli prefabrike ahşap hücre sistem	
Strüktür Malzemesi	Lamine ahşap	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Betonarme	
Duvarlar	İskelet sistemli prefabrike ahşap hücre	
Döşemeler	İskelet sistemli prefabrike ahşap hücre	
Çatı	İskelet sistemli prefabrike ahşap hücre – Düz çatı	
Çekirdek	Prefabrike çelik omurgalı dönel merdiven	
Strüktürel Anlatım	<p>Taft Evi 2 katlı bir konuttur. Bodrum katı betonarme perde duvar ve betonarme kolonlardan oluşmaktadır. Bodrum katı inşa edildikten sonra, şantiye alanı dışında üretilen çelik dönel merdiven montajı yapılmıştır. Daha sonra 2 katlı konutu oluşturan 6 adet iskelet sistemli ahşap hücre şantiye alanına getirilerek birleştirilmiştir. Hücrelerin bitirme işlemleri fabrikada yapılmıştır ve birleştirilmeleri 1 gün sürmüştür.</p>	

Tablo 18'in devamı

Fotoğraflar

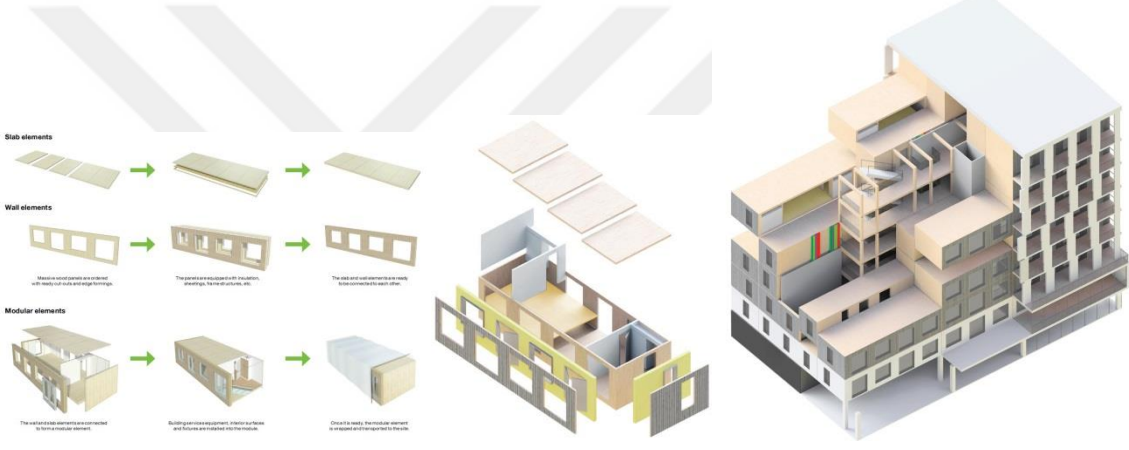


Taft Evi yapım aşaması

Tablo 19. Panel sistemli prefabrike ahşap hücre uygulama örneği (URL-107, 2018)

Yapının Adı	-	
Yapının Mimarı	Stora Enso Firması	
Yapım Yeri	Yapı uygulanmamıştır	
Yapım Yılı	-	
Kat Sayısı	3-8	
Strüktürel Kurgu	Panel sistemli prefabrike ahşap hücre sistem	
Strüktür Malzemesi	Çapraz Lamine Ahşap	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Panel sistemli prefabrike ahşap hücre	
Duvarlar	Panel sistemli prefabrike ahşap hücre	
Döşemeler	Panel sistemli prefabrike ahşap hücre	
Çatı	Panel sistemli prefabrike ahşap hücre ya da yerinde yapım ahşap çatı	
Çekirdek	Panel sistemli prefabrike ahşap hücre	

Tablo 19'un devamı

Strüktürel Anlatım	Yapı betonarme temele oturan 3 ile 8 kat arası değişebilen prefabrike ahşap hücrelerden oluşmaktadır. Bu hücreler, çapraz lamine ahşap panellerden yapılan kısmen kapalı ve kapalı hücrelerdir. Yapıyı tasarlayan firma, yapıya çeşitli konstrüksiyon ve detay seçeneği koymuştur ve müşterilerin taleplerine göre binayı oluşturmaktadır. Bu konstrüksiyon seçeneklerinde 4 tip hücre çözülmüştür; 1 odalı ve içinde teknik odası bulunan standart hücre, yaşam mekanı hücresi, teknik bölüm hücresi (banyo ve wc bulunmaktadır) ve ek yaşam mekan hücresi. Çekirdek bölümüne eklenen hücreler, müşterinin taleplerine göre eklenerek konutu oluşturmaktadır. Bu proje, lamine ahşap malzemesi ile üretilen hücrelerin yüksek katlı konutlarda da kullanılabileceğini öngören bir proje olması açısından önemlidir.
Fotoğraflar	 <p>Panellerin ve yapının oluşum modeli</p>

2.1.2.3.3. Prefabrike Çelik Hücre Sistemler

Çelik hücre sistemler, kaynakla veya cıvata ile birleştirilmiş çelik çerçevelerden veya çelik profillerden oluşur. Bu profillerin veya çerçevelerin arası, dolgu paneller ve yangına dayanımlı ısı yalıtımı ile doldurulmaktadır. Yapısal olarak bu konstrüksiyon, çerçeve veya iskelet sistemli bir yapının prensiplerine göre gerçekleştirilir ve üretilen modüller tek tek bağlandığında tüm bir binayı oluşturur (Şekil 104) (Staib vd., 2008).



Şekil 104. Prefabrike çelik hücre ile yapım örneği (URL-108, 2018)

Çelik hücreler, çeşitli işlevlerde kullanılan yapılar (turizm, ticaret, sosyal konut vb.) için tercih edilebilmektedir. Bu hücreler, daha uzun ömürlü, daha yüksek performanslı veya sismik açıdan daha sağlam yapısal sistemlere ihtiyaç duyan ticari binalarda sıklıkla kullanılır. Çelik hücrelerden kalıcı inşaatların yanı sıra inşaat yapımı sırasında kullanılan ofis ve depo gibi yapılar ya da belli süre kullanılacak fuar yapıları gibi geçici yapı yapımında da yararlanılmaktadır. Strüktürel veya bölücü olarak kullanılabilen çelik hücreler, bitmişe yakın (%90) prefabriklik derecesinde üretilebilmektedir (Smith, 2010; Staib vd., 2008).

Çelik hücre sistemler, sürdürülebilir kullanım açısından son derece yararlıdır. %100 geri dönüştürülebilir malzemeden üretilmesinin yanında hücreler demonte olarak tasarlanarak tekrar tekrar kullanılabilir. Ayrıca sipariş üzerine üretilen çelik hücrelerin yanı sıra yük taşımakta kullanılan konteynırlar da son yıllarda sıklıkla yapılarda tercih edilmektedir (Knaack vd., 2012).

Prefabrike çelik hücreler ile yapının yaşam mekanlarından ayrı olarak çekirdek ve çatı bölümü inşa edilebilir (Şekil 105). Çelik hücreler ile oluşturulan çatı sistemleri ayrı bir modül olarak veya bir modülün tavanı niteliğinde oluşturulabilmektedir.



Şekil 105. Prefabrike çelik çatı ve çekirdek hücresi (URL-109, 2018; URL-110, 2018)

Prefabrike çelik hücreler, iskelet sistemden oluşan yapılara veya farklı yapı sisteminden inşa edilen çekirdeklere monte edilerek hibrit yapılarda kullanılabilir (Şekil 106). Özellikle konteynırlar, hibrit yapılarda bölücü özellikleriyle yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 106. Prefabrike çelik hücreler ile inşa edilen hibrit yapı örnekleri (URL-111, 2018; URL-112, 2018)

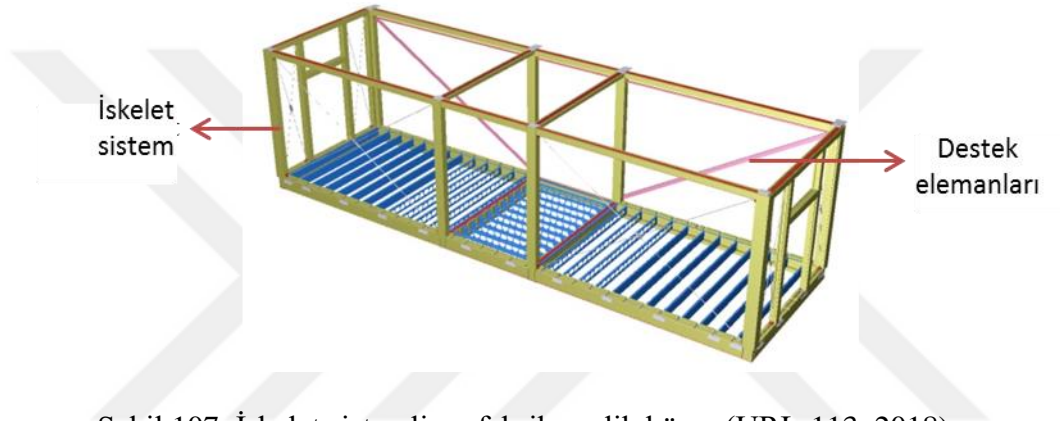
2.1.2.3.3.1. Konut Üretiminde Kullanılan Prefabrike Çelik Hücre Sistemler

Prefabrike çelik hücre sistemler bünyesindeki kullanılan strüktürel elemanların farklılaşmasına göre birbirinden ayrılabilirler. Bu çalışmada konut üretiminde kullanılan çelik hücre sistemler 2 başlıkta incelenmiştir:

1. İskelet sistemli prefabrike çelik hücreler
2. Panel sistemli prefabrike çelik hücreler

2.1.2.3.3.1.1. İskelet Sistemli Çelik Hücreler

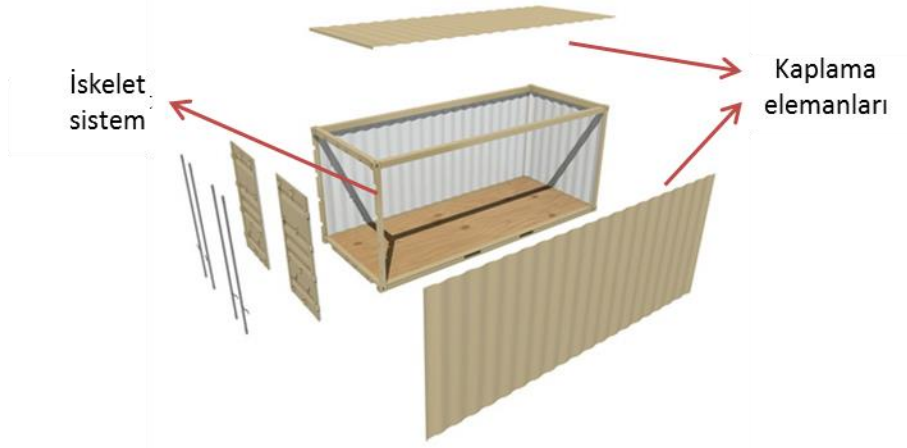
İskelet sistemli prefabrike çelik hücreler, düşey yüklerin çelik profiller aracılığıyla aktarıldığı hücrelerdir. Çelik profiller hücrenin köşe noktalarında ya da belli aralıklarla kenar noktalarında konumlanmaktadır (Şekil 107). Bu aralıklar yapının yüksekliğine ve hücrenin boyutuna göre değişebilmektedir (alıntılayan Sezer, 2015); (aktaran Koman ve Gür, 2014). Hücreler yüklerini doğrudan ya da çelik ayaklar aracılığıyla betonarme temele aktarmaktadır.



Şekil 107. İskelet sistemli prefabrike çelik hücre (URL-113, 2018)

İskelet sistemli prefabrike çelik hücreler, açık hücrelerdir. Hücrelerin kolonlarının arası, tasarım düzenine göre dolgu paneller ile kısmen kapatılarak mekan oluşturulabilmektedir (Lawson vd., 2014). Hücrelerin stabilitesini sağlamak için kolonların arasına çaprazlama elemanları konulabilmektedir. Bu çaprazlama elemanlarına genellikle 3 kattan yüksek yapılarda ihtiyaç duyulmaktadır (alıntılayan Sezer, 2015); (aktaran Koman ve Gür, 2014).

Taşımacılıkta kullanılan konteynırlar, iskelet sistemli prefabrike çelik hücre sınıfına girmektedir (Şekil 108). Konteynırlar; ekonomik, dayanıklı, hızlı inşa edilebilir ve kolay taşınabilir elemanlardır. Afet sonrası konutlar, turizm amaçlı yapılar, ticari amaçlı yapılar, geçici barınaklar (şantiye vb. alanlarda) ve konut dahil olmak üzere birçok uygulama için kullanılabilirler (Giriunas vd., 2012).



Şekil 108. Konteynır hücre yapısı (URL-114, 2018)

Konut yapımında konteynırlar ilk kez 2006 yılında ABD’de kullanılmıştır ve sonrasında kullanımı yaygınlaşmıştır. Dünya’da nakliye amaçlı kullanılıp geri dönüşümü bekleyen 17 milyon konteynır bulunmaktadır. Bu konteynırlar inşa amaçlı kullanılarak sürdürülebilirliğe katkı sağlanabilmektedir. Konteynırlar yapılarda kullanıldığında bazı dezavantajlar (ısı ve ses yalıtımı) oluşmaktadır. Ancak bu dezavantajlar sonradan eklenen katmanlar ile giderilebilmektedir (Islam vd., 2016).

2.1.2.3.3.1.2. Panel Sistemli Çelik Hücreler

Panel sistemli prefabrike çelik hücreler, alt-üst döşeme paneli ve belli aralıklarla dizilmiş çelik profilli çerçeve duvarlardan oluşmaktadır (Şekil 109). Çerçeve profillerinin arasındaki mesafe, yapının kat adedi ve hücrenin büyüklüğüne göre değişebilmektedir. Çerçevelere ek olarak yapının stabilitesini sağlamak amacıyla, özellikle deprem kuşağında olan bölgelerde, çelik çapraz elemanlar da kullanılabilir (Sezer, 2015).



Şekil 109. Panel sistemli prefabrike çelik hücre (URL-115, 2018)

Hafif çelik iskeletler, etkin malzeme kullanımı ve prefabrike üretime entegre kapasitesi nedeniyle hücre sistemler için ideal yapı elemanlarıdır. Hafif çelik çerçeveli hücreler, az ve çok katlı, her türlü işlevi barındıran yapıda kullanılabilir. Bu hücrelerden, geçici olarak kullanılan yapılarda da yararlanılmaktadır. Panel sistemli prefabrike çelik hücreler, demonte tasarıma uygun olarak tasarlanabilmektedir (Lawson vd., 1999).

Panel sistemli prefabrike çelik hücreler kapalı veya kısmen kapalı hücre olarak nitelendirilmektedir.

2.1.2.3.3.2. Prefabrike Çelik Hücre Sistemler ile Üretilmiş Konut Örnekleri

Prefabrike çelik hücre yapım sistemleri, konutlarda kullanımlarına göre iskelet sistemli ve panel sistemli hücre sistemler olmak üzere 2 sınıfa ayrılmıştır. Bu sistemlerin konutlarda kullanımları, Tablo 20 - 21’de örnekler ile gösterilmiştir.


Tablo 20. İskelet sistemli prefabrike çelik hücre uygulama örneği (URL-116; 2018; URL-117, 2018)

Yapının Adı	Carroll Evi	
Yapının Mimarı	LOT-EK, ada tolla + giuseppe lignano, virginie stolz	
Yapım Yeri	Brooklyn, New York, ABD	
Yapım Yılı	2016	
Kat Sayısı	3	
Strüktürel Kurgu	İskelet sistemli prefabrike çelik hücre sistem	

Tablo 20'nin devamı

Strüktür Malzemesi	Çelik konteynır	
Temel	Betonarme	
Bodrum Kat	Betonarme	
Zemin Kat	İskelet sistemli prefabrike çelik hücre	
Duvarlar	İskelet sistemli prefabrike çelik hücre	
Döşemeler	İskelet sistemli prefabrike çelik hücre	
Çatı	İskelet sistemli prefabrike çelik hücre – yürünebilir düz çatı	
Çekirdek	Limon kirişli çelik merdiven	
Strüktürel Anlatım	<p>Carroll Evi 3 katlı bir konuttur. Bodrum katı betonarme perde duvardan oluşmaktadır. Yapı, önceden nakliye için kullanılan 6x2.9x2.4 m boyutlarında 21 adet çelik konteynırın üst üste eklenmesiyle inşa edilmiştir. Bu konteynırların birleştirilmesi 4 gün sürmüştür. Konteynırlar monte edildikten sonra selülozik yalıtım ile yapının duvarları kaplanmıştır. Konteynırların bazıları açılı olarak kesilmiştir. Kesilen parçalar diğer parçalara kaynaklanmıştır ve böylece eğimli yapı oluşmuştur. Bu formun amacı güneş ışığından optimum yararlanmaktır.</p>	
Fotoğraflar		
	<p>Carroll Evi yapım aşaması</p>	

Tablo 21. Prefabrike çelik hücre uygulama örneği (URL-118, 2018)

Yapımın Adı	Carmel Place	
Yapımın Mimarı	nARCHITECTS	
Yapım Yeri	Manhattan, New York, ABD	
Yapım Yılı	2016	
Kat Sayısı	10	
Strüktürel Kurgu	Panel ve iskelet sistemli prefabrike çelik hücre sistem	
Strüktür Malzemesi	Çelik	
Temel	Betonarme	
Zemin Kat	Çelik iskelet sistem (podyum)	
Duvarlar	Panel ve iskelet sistemli prefabrike çelik hücre	
Döşemeler	Panel ve iskelet sistemli prefabrike çelik hücre	
Çatı	Panel ve iskelet sistemli prefabrike çelik hücre – düz çatı	
Çekirdek	Prefabrike çelik hücreye monte edilmiş prefabrik betonarme merdiven	
Strüktürel Anlatım	Carmel Place, 92 adet çelik hücreden oluşan, düşük ve orta gelirli aileler için yapılmış bir konuttur. Çelik hücreler, hafif çelik çerçeveler ve çelik dikmelerden oluşmaktadır. Çelik hücreler, tesisatı ve yalıtımı yapılmış şekilde yüksek prefabrike derecede üretilmiştir. Hücrelerin cephe kaplamaları şantiye alanında yapılmıştır. Çelik hücreler, çelik iskelet strüktürden oluşan zemin katın üstüne oturmaktadır. Carmel Place, LED Silver ödüllü bir projedir.	

Fotoğraflar



Carmel Place yapım aşaması

2.2. Prefabrike Konut Yapım Sistemlerinin Analizi

Bu bölüm, prefabrike konut yapım sistemlerinin analizi için oluşturulan değerlendirme kriterlerinin tanımlanması ve bu sistemlerin analizini içermektedir.

2.2.1. Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi

Yapılan çalışmada konut üretiminde kullanılan prefabrike yapım sistemleri, belli başlıklarda belirlenen değerlendirme kriterleri kapsamında analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Bu başlıklar ve kapsamaları aşağıda verilmiştir:

1. Elemanın Üretim Yeri: Prefabrike sistem elemanlarının üretildiği yer (kontrollü fabrika alanı, atölye, şantiye alanı vb.) değerlendirilmiştir.
2. Eleman Tipi: Sistem elemanlarının, inşa edilen konutun neresinde (duvar, döşeme, çatı vb.) kullanılacağı değerlendirilmiştir.
3. Malzeme: Sistem elemanlarının üretildiği malzemeler değerlendirilmiştir.
4. Yaygın Modüler Boyut: Modüler koordinasyon, endüstriyel yapımın temel ilkelerinden biridir. Sistem elemanlarının boyutlarında modülerlik sağlanarak seri üretim amaçlanmaktadır. Bu kriter ile, üretilen sistem elemanlarının, seri üretim amacıyla, global çapta kabul edilmiş yaygın boyutunun sorgulanması amaçlanmıştır.
5. Boyut Sınırlaması: Sistem elemanlarının boyutları; üretim koşulları, nakliye, mühendislik hesapları, taşıma ve montaj unsurlarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu kriter ile elemanların üretilebileceği maksimum boyutların sorgulanması amaçlanmıştır.
6. Ağırlık: Sistem elemanlarının ağırlığı, yapının ölü yükü, nakliye ve taşıma gibi unsurlar açısından önem göstermektedir. Bu kriter ile sistem elemanlarının yaklaşık m^2 ve m^3 ağırlıkları değerlendirilmiştir.
7. Kat Sınırlaması: İrdelenen sistem ile üretilecek konutların maksimum kat sayıları değerlendirilmiştir.
8. Döşemede Geçilebilen Açıklık: Sistem elemanları ile oluşturulacak konut hacimlerinin, herhangi ekstra taşıyıcı kullanmadan inşa edilebilen yatay (döşeme) genişliği değerlendirilmiştir.
9. Tasarım Esnekliği: Sistem ile inşa edilecek konutların tasarım aşamasında karşılaşılan zorluklar ve kısıtlamalar değerlendirilmiştir.

10. Yüzey Özelliği: Sistem elemanlarının yüzeylerine uygulanabilen kaplama, boya, sıva gibi malzemeler değerlendirilmiştir.
11. Nakliye: Prefabrike elemanlar genellikle şantiye alanı dışında üretilerek kara, deniz, demir ve hava yolu ile şantiye alanına getirilmektedir. Bu nedenle bu kriter, elemanların boyut ve ağırlıklarının şekillenmesinde kritik önem göstermektedir. Bu kriter ile, nakliye olanakları değerlendirilmiştir.
12. Montaj Araçları: Prefabrike elemanlar, genellikle büyük boyutlu ve ağır elemanlardan oluşmaktadır. Bu kriter ile, elemanların şantiye alanında taşınma ve montaj edilme imkanları değerlendirilmiştir.
13. İşçilik: Endüstriyel yapımın temel amaçlarından biri makine kullanımının yoğun ve işçiliğin az olmasıyla hızlı üretim süreci gerçekleştirmektir. Bu kriter ile, sistemlerde kullanılan işçilik düzeyi değerlendirilmiştir.
14. Prefabriklik Derecesi: Prefabrike sistem elemanları, farklı bitmişlik düzeylerinde üretilmektedir. Bu düzey %95'lere kadar çıkabilmektedir. Bu kriter ile, sistemlerin bitmişlik düzeyi değerlendirilmiştir.
15. Isı Yalıtımı: Sistemlerin ısı yalıtım yapabilme kapasitesi ve ne düzeyde yapabildiği değerlendirilmiştir.
16. Ses Yalıtımı: Sistemlerin ses yalıtım yapabilme kapasitesi ve ne düzeyde yapabildiği değerlendirilmiştir.
17. Yangın Güvenliği: Sistemlerin yangın direnci ve süresi değerlendirilmiştir.
18. Sürdürülebilirlik: Günümüzde sürdürülebilirlik ve ekolojik tasarım, içinde bulunduğumuz şartlara bağlı olarak önem kazanmıştır. Bu kriter ile, irdelenen yapım sistemlerinin sürdürülebilirliğe katkısı değerlendirilmiştir.


2.2.2. Analiz Tabloları

Prefabrike konut yapım sistemleri, oluşturulan sınıflandırmalara göre, belirlenen 18 kriter altında analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 22 – 30 arasında verilmiştir.

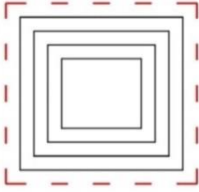
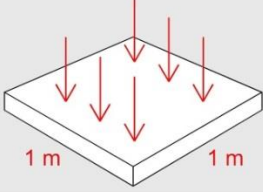
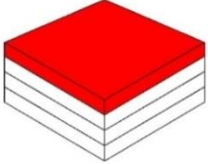
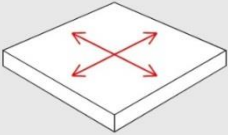
2.2.2.1. Beton İskelet Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi

Konut üretiminde kullanılan prefabrike beton iskelet sistemler (PBİS) strüktürel kurgularına göre kolon-kiriş, kolon-döşeme ve çerçeve prefabrike beton iskelet sistemler olmak üzere 3 başlık altında sınıflandırılmıştır ve belirlenen kriterlere göre Tablo 22’de analiz edilmiştir:


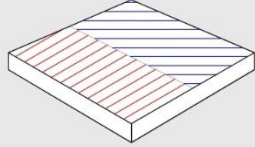

Tablo 22. Prefabrike beton iskelet sistemlerin (PBİS) konut üretiminde kullanımının analizi

Sistemler	Kolon-Kiriş PBİS	Kolon-Döşeme PBİS	Çerçeve PBİS
Kriterler			
1) Elemanın Üretim Yeri 	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamında) *Şantiye alanı (Eser, 1982; Türkçü, 1988)	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamında) *Şantiye alanı (Eser, 1982)	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamında) *Şantiye alanı (Eser, 1982)
2) Eleman Tipi 	Sistem elemanları düşey ve yatay taşıyıcılar olmak üzere duvar ve döşemelerde yer almaktadır.	Sistem elemanları düşey ve yatay taşıyıcılar olmak üzere duvar ve döşemelerde yer almaktadır.	Sistem elemanları düşey ve yatay taşıyıcılar olmak üzere duvar ve döşemelerde yer almaktadır.
3) Malzeme 	*Betonarme *Ön gerilmeli beton * Art gerilmeli beton (Sağlam, 2009)	*Betonarme *Ön gerilmeli beton (Demirkaya, 2009)	*Betonarme *Ön gerilmeli beton * Art gerilmeli beton (Sağlam, 2009)
4) Yaygın Modüler Boyut 	Prefabrike beton kolon ve kirişler kalıplar aracılığıyla üretilmektedir. Bu elemanların yaygın modüler boyutu bulunmamaktadır. Kolonlar ve kirişler boyut sınırı aşılmadan, istenilen boyutlarda üretilebilmektedir. Üretim esnasında seri üretimin sağlanması ve kalıpların tekrar tekrar kullanılması için her projenin prefabrike	Bu sistemde prefabrike kolon elemanlar kat yüksekliği boyutunda üretilmektedir. Kolon üretiminde göz önünde bulundurulacak olan kat yüksekliğinin belirli yaygınlaşmış boyutu bulunmamaktadır. Kolonlar, konutların tasarlanan kat yüksekliği boyutunda modüler koordinasyona uygun olarak üretilebilmektedir.	Çerçeve elemanlar kolon ve kirişlerden farklı olarak, nakliye esnasında düzlemsel eleman özelliği göstermektedir. Diğer elemanlar gibi kalıplar aracılığıyla üretilen çerçeveler, istenilen boyutlarda tasarlanabilmektedir ancak bu elemanların boyutları taşıma kısıtlamalarına uymalıdır.

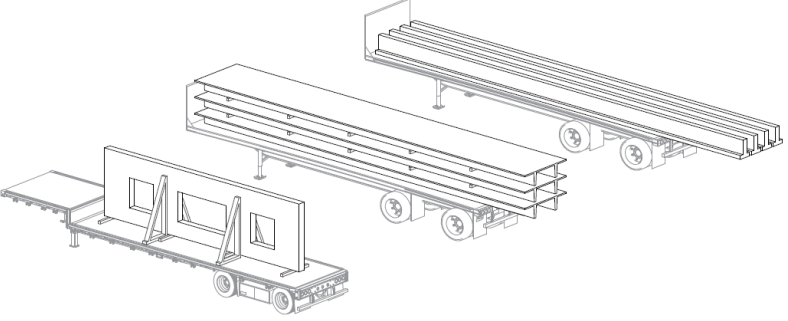



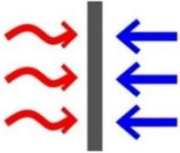
Tablo 22'nin devamı

	elemanları kendi içerisinde modüler koordinasyona uygun olarak tasarlanmalıdır.		Taşıma olanaklarının eleman boyutlarını sınırlamasından dolayı bu elemanın şantiye alanında üretimi sık rastlanan bir durumdur (Eser, 1982).
5) Boyut Sınırlaması 	<p>Bu sistemin elemanları tek boyutlu olmasından dolayı panel ve hücre sistemlere oranla daha avantajlıdır. Sistemin eleman boyutunu sınırlayan unsurlar nakliye şartları, taşıma ve montaj koşullarıdır. Bu unsurlardan dolayı sistem elemanlarının uzunlukları 24 m ile sınırlıdır (URL-4, 2018).</p>	<p>Bu sistemin düşey taşıyıcı elemanı olan kolonlar, kat yüksekliğinde üretildiği için boyut sınırlaması bulunmamaktadır.</p> <p>Prefabrike beton döşeme panellerinin boyut sınırlaması için Tablo 25 kriter 5'e bakınız.</p>	<p>Çerçeve elemanlar düzlemsel yapılarından dolayı boyut sınırlaması nakliye kısıtlamaları ve üretim koşullarına bağlı olmaktadır. Şantiye alanında üretilmeleri durumunda, kaldırma ve montaj araçlarının kapasiteleri ve üretilen alanın koşullarına bağlı olarak daha büyük boyutlarda üretilebilmektedirler.</p>
6) Ağırlık 	<p>Beton malzemenin ağırlığı kullanılan bileşenlerin oranlarına, agrega cinsine, beton sınıfına ve donatı yoğunluğuna göre değişmektedir.</p> <p>Beton malzemenin ağırlığı hafif beton, normal beton ve ağır beton olarak sınıflandırılabilir. Hafif beton 700-2000 kg/m³, normal beton 1800-2800 kg/m³ ve ağır beton 2800-5000 kg/m³ ağırlığındadır (URL-119, 2018).</p> <p>Prefabrike beton kolon ve kirişler, çoğunlukla normal beton sınıfında üretilmektedir. Bu elemanların ağırlıkları ortalama 2600 kg/m³ kabul edilmektedir (Elliott, 2017).</p> <p>Prefabrike beton döşeme panellerinin ağırlıkları hakkında bilgi için Tablo 25 kriter 6'ya bakınız.</p>		
7) Kat Sınırlaması 	<p>Prefabrike beton iskelet sistemler yüksek katlı konutlar üretmek için uygun sistemlerdir. Bu sistem ile 40 kata kadar konut üretimi mümkündür. Fakat sistemin bileşen sayısı ve buna bağlı olarak birleşim bölgesi fazla olduğundan dolayı stabilite sorunu ortaya çıkabilmektedir. Stabilite sorununu çözmek için doğru detaylandırmalar ve destek elemanları kullanılması kaçınılmazdır (Elliott, 2017).</p>		
8) Döşemede Geçilebilir Açıklık 	<p>Bu sistem ile geçilebilir açıklık, kullanılma durumundan bağımsız olarak, normal donatılar ile 15 m iken ön ve ard germe donatılar ile birlikte 30 m'ye çıkabilmektedir. Ancak bu açıklıklar konut</p>	<p>Bu sistemin ile geçilen açıklığı döşemelerde kullanılan paneller belirlemektedir. Panel elemanların nakliye, taşıma ve montaj unsurları çeşitli problemler yaratmaktadır. Bu nedenle sistem ile</p>	<p>Bu sistem ile geniş açıklıklar geçilebilmektedir. Bu açıklık mesafesi 24 m'ye kadar çıkabilmektedir. Ancak yaygın olarak endüstriyel yapılarda kullanılan sistem için geniş açıklıkların konut</p>



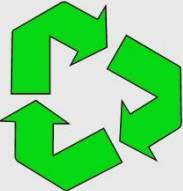
Tablo 22'nin devamı

	<p>yapısı için kullanımda maddi sorunlar doğurmaktadır. Bu tip geniş açıklıklara farklı işlevli yapılarda ihtiyaç duyulmaktadır. Konut yapısında bu sistem ile kullanılan yaygın açıklık 4-6 m 'dir (Elliott, 2017; Sağlam, 2009).</p>	<p>oluşturulan konutlarda küçük boyutta paneller yaygın olarak kullanılmaktadır (Eşiyok, 2000).</p> <p>Beton paneller ile döşemede geçilebilen açıklıklar hakkında bilgi için Tablo 25 kriter 8'e bakınız.</p>	<p>yapılarında kullanımı fazla değildir (Sağlam, 2009).</p>
<p>9) Tasarım Esnekliği</p> 	<p>Prefabrike beton iskelet sistemler, tek boyutlu olmaları nedeniyle tasarım konusunda esneklik sağlamaktadır. Konutların cephesini, bölücülerini ve sınırlarını oluşturan elemanlar taşıyıcı sistemden bağımsız olarak kurgulanabilmektedir. Bu sistem içerisinde çerçeve sistem, düzlemselliğe geçiş niteliğinde olduğu için tasarımı kolon ve giriş elemanların kullanıldığı sistemlere göre daha fazla kısıtlama içermektedir (Eşiyok, 2000).</p>		
<p>10) Yüzey Özelliği</p> 	<p>Prefabrike beton iskelet sistem elemanları şantiye alanına, kaplaması yapılmamış şekilde düşük prefabriklik derecesi ile getirilmektedir. Bu elemanlar ile inşa edilen yapının kaba inşaatı bittikten sonra kaplamaları ve yüzey uygulamaları yapılmaktadır. Sisteme uygulanan yüzey işlemleri yerinde dökme beton bir yapının yüzey işlemleri ile aynıdır. Elemanlar; sıva, boya ve çeşitli kaplamalar ve yalıtım uygulamalarına elverişlidir.</p>		
<p>11) Nakliye</p> 	<p>Prefabrike beton iskelet sistem elemanları kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilmektedir. Nakliye sınırlılıkları iskelet sistem elemanlarının boyutlarını doğrudan etkilemektedir. Bu sistem tek boyutlu olduğu için taşımacılık konusunda diğer sistemlere göre daha avantajlıdır.</p> <p>Şantiye alanı dışında üretilen elemanlar ağırlık ve boyut açısından nakliye kurallarına uygun olarak üretilmek zorundadır. Deniz ve demir yolunu kullanan nakliyeler, getirildikleri istasyon ve limandan tekrar kara yolu ile şantiye alanına taşındığı için kara yolunun ve hava yolunun sınırlılıkları kritik önem kazanmaktadır. Kara yolu taşımacılığında kullanılan sıradan bir tırın taşıyacağı ağırlık ortalama 40 ton ve boyut 2,5x12x3,2 (genişlik x uzunluk x yükseklik) m'dir (Şekil 21). Ancak bu boyut 4,2x18x4,5 (genişlik x uzunluk x yükseklik) m'ye çıkabilmektedir. Tırların teker sayıları arttıkça ve ilgili kuruluştan özel izin alınırsa bu ağırlık ve boyut artabilmektedir. Kara yolu ile ulaşılamayan bölgelere hava yolu ile taşımacılık yapılabilmektedir (Anonim, 2009; Smith, 2010). Hava taşımacılığı genellikle kargo helikopterleri ile yürütülmektedir. Hücreler, helikopterlere asılarak ya da kargo bölümüne konularak taşınmaktadır. Helikopterler boyut açısından daha elverişli olsada en fazla 20 tona kadar yük taşıyabilmektedirler (URL-120,2018; URL-121, 2018).</p>		

Tablo 22'nin devamı

	 <p>Şekil 110. Prefabrike beton iskelet sistem elemanlarının nakliye biçimleri (Anonim, 2009)</p>
<p>12) Montaj Araçları</p> 	<p>Prefabrike beton iskelet sistem yapımında kullanılan kolon, kiriş ve döşeme panelleri mobil, kule ve köprü vinçleriyle taşınmaktadır. Elemanların montajı kaynaklı, bulonlu ve ıslak birleşim şeklinde yapılabilmektedir. Sürekli kolonlar ve döşeme panellerinin ağırlıkları birbirlerine yakın oldukları için montaj işlemi daha rasyonel olmaktadır. Süreksiz kolon ve döşeme elemanlarının ağırlıkları farklılaştığı için farklı tip taşıma aracı gerektirebilmektedir. Çerçeve sistem elemanları düzlemsel oldukları için taşıma ve montajı zordur. Bu nedenle bu elemanların ön üretiminin şantiye alanında yapıldığı örneklere sıklıkla rastlanmaktadır (Eser, 1982; Eşiyok, 2000).</p> <p>Prefabrike beton döşeme panellerinin montaj araçları hakkında bilgi için Tablo 25 kriter 12'ye bakınız.</p>
<p>13) İşçilik</p> 	<p>Prefabrike beton iskelet sistem elemanlarının, panel ve hücre sistem elemanlarına oranla ön üretim süresi kısa, şantiyede ki yapım süreci uzundur. Genel olarak diğer prefabrike yapı elemanlarına oranla işçilik kullanımı yüksektir (Sey ve Tapan, 1987).</p>
<p>14) Prefabriklik Derecesi</p> 	<p>Yapıyı üreten bileşen ve eleman sayısı arttıkça prefabriklik derecesi azalmaktadır. İskelet sistemler, prefabrike yapım sistemleri arasında prefabriklik derecesi en az olan yapım sistemleridir. Bunun nedeni bileşen sayısının fazla olması ve elemanların bitmişlik derecesinin düşük olmasıdır. Prefabrike beton iskelet sistemlerde bileşen sayısının fazla olması ve fabrikadan şantiye alanına yaygın olarak bitmişlik derecesi düşük olarak getirilmesinden dolayı prefabriklik derecesi düşük olarak nitelendirilebilir.</p>
<p>15) Isı Yalıtımı</p> 	<p>Prefabrike beton iskelet sistemler ile ısı yalıtımı sağlamada bölücü elemanlar etkili olmaktadır. Bu sistem ile uygun bölücü elemanlar ve doğru detay çözümleriyle birlikte yüksek ısı yalıtımı sağlanabilmektedir.</p>


Tablo 22'nin devamı

<p>16) Ses Yalıtımı</p> 	<p>Beton malzeme ses yalıtımı açısından başarılı bir malzemedir ancak prefabrike beton iskelet sistemler ile oluşturulan sistemler için ses yalıtımı sağlamada, ısı yalıtımında olduğu gibi, bölücü elemanlar etkili olmaktadır. Bu sistem ile uygun bölücü elemanlar ve doğru detay çözümleriyle birlikte yüksek ses yalıtımı sağlanabilmektedir.</p>
<p>17) Yangın Güvenliği</p> 	<p>Beton, yangın dayanımı yüksek bir malzemedir. Prefabrike iskelet sistem elemanları genellikle 60 dakika yangın direnci olacak şekilde üretilmektedir. Bu süre strüktür malzemelerinin yangın dayanımı yüksek kaplamalar ile kaplanmasıyla ve elemanın kesitinin kalınlaştırılmasıyla birlikte 240 dakikaya kadar çıkabilmektedir (Elliott, 2017).</p> <p>Prefabrike beton döşeme elemanlarının yangın direnci hakkında bilgi için Tablo 25 kriter 17'ye bakınız.</p>
<p>18) Sürdürülebilirlik</p> 	<p>Prefabrike beton iskelet sistemlerin sürdürülebilirliğe katkıları (fib, 2008):</p> <ul style="list-style-type: none"> *Ön organizasyonu ve fabrika ortamında ki kontrollü üretim nedeniyle şantiye alanında oluşan malzeme sarfiyatı azalmaktadır. *Sistem elemanları demonte edilmeye uygun detaylar ile monte edilirse tekrar kullanılabilir. *Beton iskelet sistem, hızlı kurulum ile şantiye alanında oluşan gürültü ve kirliliği azaltmaktadır. *Beton iskelet sistemler, iyi derecede yalıtım ve enerjiden tasarruf sağlamaktadır.


2.2.2.2. Ahşap İskelet Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi

Konut üretiminde kullanılan prefabrike ahşap iskelet sistemler (PAİS) strüktürel kurgularına göre dikme-kiriş, platform çerçeve ve balon çerçeve prefabrike ahşap iskelet sistemler olmak üzere 3 başlık altında sınıflandırılmıştır ve belirlenen kriterlere göre Tablo 23'de analiz edilmiştir:

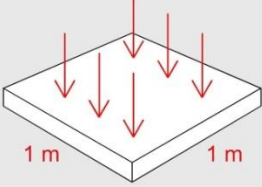
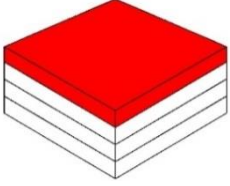
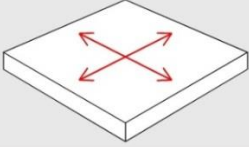

Tablo 23. Prefabrike ahşap iskelet sistemlerin (PAİS) konut üretiminde kullanımının analizi

Sistemler	Dikme-Kiriş PAİS	Platform Çerçeve PAİS	Balon Çerçeve PAİS
Kriterler			
<p>1) Elemanın Üretim Yeri</p> 	<p>*Şantiye alanı dışı (Fabrika ve atölye ortamında)</p> <p>*Şantiye alanı</p>	<p>*Şantiye alanı dışı (Fabrika ve atölye ortamında)</p> <p>*Şantiye alanı</p>	<p>*Şantiye alanı dışı (Fabrika ve atölye ortamında)</p> <p>*Şantiye alanı</p>

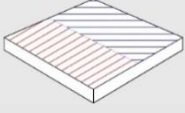


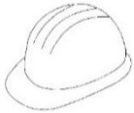

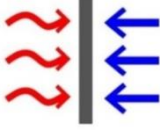

Tablo 23'ün devamı

<p>2) Eleman Tipi</p> 	<p>Sistem elemanları düşey ve yatay taşıyıcılar olmak (dikme, kiriş ve çaprazlar) üzere duvar, döşeme ve çatıda yer almaktadır.</p>	<p>Sistem elemanları düşey ve yatay taşıyıcılar olmak (dikme, kiriş ve çaprazlar) üzere duvar, döşeme ve çatıda yer almaktadır.</p>	<p>Sistem elemanları düşey ve yatay taşıyıcılar olmak (dikme, kiriş ve çaprazlar) üzere duvar, döşeme ve çatıda yer almaktadır.</p>
<p>3) Malzeme</p> 	<p>*Doğal ahşap</p> <p>*Yapay ahşap (glulam, LSL, PSL, LVL ve I kiriş)</p>	<p>*Doğal ahşap</p> <p>*Yapay ahşap (glulam, LSL, PSL, LVL ve I kiriş)</p>	<p>*Doğal ahşap</p> <p>*Yapay ahşap (glulam, LSL, PSL, LVL ve I kiriş)</p>
<p>4) Yaygın Modüler Boyut</p> 	<p>Bu sistemin elemanları sürekli veya süreksiz olabilmekte; yapay veya doğal malzemeden üretilebilmektedir. Sistem elemanlarını oluşturan doğal malzemeler üretildiği ağaca göre farklı boyutlarda işlenebilirler. Yapay elemanlar küçük parçaların yapıştırılarak preslenmesiyle üretilir ve istenilen boyutlarda birleştirilir veya kesilir. Bu nedenle sistem elemanları tasarlanan boyutta kolayca üretilebilmektedir. Sistem elemanlarının minimum kesiti 15x15 cm'dir ve yaygın modüler boyutu bulunmamaktadır. Her proje tasarımında özel boyutlarda modülerlik kullanılmaktadır.</p>	<p>Bu sistemde dikmeler kat yüksekliğindedir. Dikmeler genellikle 30 cm ve katları şeklinde boyutlandırılmaktadır. Sistemde kullanılan elemanların kesit boyutları müstakil konutlarda 5x10 ve 5x15'dir. Orta yükseklikte konutlarda (4-6 kat) kullanılması durumunda elemanların kesit boyutu artmaktadır (Ayaz, 2011).</p>	<p>Bu sistemde çoğunlukla doğal ahşap malzeme kullanılmaktadır. Sistemin dikmeleri 2 kat yüksekliğinde olmaktadır. Balon sistem yapımında kullanılan sürekli dikmelerin yüksekliği genellikle 5,4 m'dir. Bu boyut 30 cm ve katları olarak artmakta ya da azalmaktadır. Sistemin dikmelerinin kesit kalınlıkları, 5x10 cm, 10x10 cm ve 5x15 cm olmaktadır (Smith, 2010; URL-122, 2018)</p>
<p>5) Boyut Sınırlaması</p> 	<p>Ahşap iskelet sistem elemanlarının boyutları, malzeme (doğal veya yapay) ve üretildiği ağacın türüne göre değişmektedir. Elemanlar farklı detaylarla birleştirilerek tek parça haline getirilerek büyük boyutlarda üretilebilmektedir. Yaygın olarak kullanılan elemanların boyutları şöyledir (Yılmaz, 2011):</p> <ul style="list-style-type: none"> *Tutkallı tabakalı ahşap elemanlar, 16-20 m'ye kadar üretilebilmektedir. *LVL geniş açıklıklar için ideal malzemelerdir ve 24 m'ye kadar üretilebilmektedir. *PSL boyutları 20 m'ye kadar çıkabilmektedir. *LSL elemanlar 14,5 m'ye kadar üretilebilmektedir. *Doğal ahşap elemanların boyutları yetişme koşullarından dolayı, yapay elemanlar kadar uzun olmamaktadır. 		

Tablo 23'ün devamı

<p>6) Ağırlık</p> 	<p>Ahşap elemanların ağırlığı, üretildiği ağaç cinsi ve nem oranına göre değişmektedir. Ahşaptan elde edilen malzemelerin ağırlığı 4 sınıf altında toplanmaktadır (Erkoç, 2004):</p> <ul style="list-style-type: none"> *Çok hafif ahşap (430 kg/m³'e kadar olan elemanlar) *Hafif ahşap (440-720 kg/m³'e kadar olan elemanlar) *Ağır ahşap (730-990 kg/m³'e kadar olan elemanlar) *Çok ağır ahşap (1000 kg/m³'den fazla olan elemanlar) <p>Yapay ahşap elemanların ortalama ağırlığı ise 400-600 kg/m³'tür (URL-123, 2018).</p> <p>Prefabrike ahşap iskelet sistem elemanları, diğer prefabrike sistemler ile karşılaştırıldığında hafif sistem olarak nitelendirilebilmektedir.</p>		
<p>7) Kat Sınırlaması</p> 	<p>Ahşap dikme-kiriş sistemler orta katlı konut (4-6 kat) üretimine elverişlidir. Sistem elemanlarının tamamen yapay ahşap malzemelerden oluşması halinde, bu yükseklik artabilmektedir ve yüksek katlı konut üretimine olanak tanımaktadır. Bu sistemin hibrit yapı içerisinde kullanımıyla 10 katın üzerine çıkılan uygulamalar mevcuttur (Ayaz, 2011; Gürel, 2018; Öztank, 2004).</p>	<p>Bu sistem orta yükseklikte konutlar üretmeye elverişlidir. Platform çerçeve sistem ile 6 kata kadar konut üretimi yapılabilmektedir (Ayaz, 2011).</p>	<p>Bu sistem yüksek katlı konut üretimine elverişli değildir. Balon çerçeve sistem ile en fazla 2 katlı konutlar üretilebilmektedir (Öztank, 2004).</p>
<p>8) Döşemede Geçilebilir Açıklık</p> 	<p>Sistemlerin döşemede geçilebilir açıklık boyutu dikme ve kirişlerin taşıyabileceği yük kapasitesine bağlıdır. Yapay ahşap ile üretilen dikme-kiriş boyutları ve taşıma kapasitesi oldukça artmıştır. Bu elemanlarla birlikte yaklaşık 20 m boyutunda kirişler üretilebilmektedir (Bkz. kriter 5). Üretilen kirişlerle 12 m açıklık geçilmesi mümkündür. Ancak geçilen açıklık boyutu üretilen kiriş boyutunun yanı sıra kirişten gelen yükü taşıyabilecek dikme elemanın kapasitesine de bağlıdır. Ayrıca unutulmamalıdır ki kiriş uzunluğu arttıkça kesit kalınlığı da artmaktadır. Konutlarda kullanılan ahşap kirişlerin geçtiği açıklığın, kirişin kesit kalınlığına oranı 17-20 kat (kiriş uzunluğu/kesit kalınlığı) arasında değişmektedir (Ayaz, 2011; Yılmaz, 2011).</p>		
<p>9) Tasarım Esnekliği</p> 	<p>Prefabrike ahşap iskelet sistemler, tek boyutlu elemanlardan oluşmaktadır. Sistemin taşıyıcı elemanlarının kesitleri küçük boyutludur ve yapının sınır elemanları (duvarlar), plan düzleminde taşıyıcıdan bağımsız olacak şekilde kurgulanabilmektedir. Plan düzleminde prefabrike iskelet sistemi oluşturan 3 sınıf da (dikme-kiriş, platform çerçeve ve balon çerçeve) esnek tasarım açısından elverişlidir. Cephe düzleminde dikme-kiriş ve platform sistem boşluk açma açısından esnek tasarıma elverişlidir ancak balon çerçeve sistemin sınır elemanları sürekli dikmelerden oluştuğu için cephede boşluk açmaya elverişli değildir (Ayaz, 2011).</p>		

Tablo 23'ün devamı

<p>10) Yüzey Özelliği</p> 	<p>Prefabrike ahşap iskelet sistemden oluşan konutların yüzeyleri her türlü kaplama malzemesiyle kaplanabilmektedir. Ancak kaplanacak malzemeler doğrudan ahşapla birleştirilemeyebilir (Örn: sıva vb.). Böyle durumlarda detay çözümlerinde ara elemanlar kullanmak gerekmektedir (Öztank, 2004).</p>
<p>11) Nakliye</p> 	<p>Prefabrike ahşap iskelet sistem elemanları kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilmektedir. Bu sistem hafif ve tek boyutlu olması nedeniyle; ayrıca sürekli dikme-kirişlerinin boyutları genellikle taşımacılık sınırlarını aşmadığı için, taşımacılık konusunda prefabrike yapım yöntemleri içinde en avantajlı sistemlerden biri olarak nitelendirilebilir. Sistem elemanlarının uzunluklarının taşıma sınırları için Tablo 22 kriter 11'e bakınız.</p>
<p>12) Montaj Araçları</p> 	<p>Prefabrike ahşap iskelet sistem elemanları, diğer prefabrike elemanlara kıyasla hafif malzemedir ve boyutları taşıma açısından elverişlidir. Bu elemanlar şantiye alanında basit vinçlerle ve insan gücüyle taşınabilirler. Sistem elemanlarının montajı genellikle metal birleşim elemanları aracılığıyla, basit materyaller yardımıyla yapılabilmektedir.</p>
<p>13) İşçilik</p> 	<p>Doğal ahşap ile üretilen iskelet sistem üretimi, ustalık gerektiren zanaatkarlıktır. Ancak prefabrike üretilen ahşap elemanların montajı kolaydır; kalifiye olmayan işçiler tarafından kolayca ve kısa sürede yapılır. Çünkü elemanların boyutları elverişlidir ve birleşimleri metal elemanlarla kolayca yapılabilmektedir. Prefabrike ahşap iskelet sistemin işçilik açısından tek dezavantajı sistemi oluşturan elemanların fazlalığıdır.</p>
<p>14) Prefabriklik Derecesi</p> 	<p>Prefabrike ahşap iskelet sistemler, bileşen sayısının fazla olması nedeniyle, prefabrike 2 ve 3 boyutlu elemanlara kıyasla daha düşük prefabriklik derecesinde üretilen sistemlerdir. Ancak sistemin elemanları, homojen yapıda, doğal ahşabın yapısal kusurları giderilmiş şekilde ve birleşim detayları eklenmiş olarak üretilmektedir.</p>
<p>15) Isı Yalıtımı</p> 	<p>Ahşap, ısı yalıtımı açısından iyi bir malzeme olarak düşünülmektedir çünkü hücresel yapısında, ısı transferini geciktirici boşluklar bulundurmaktadır. Ahşabın ısı iletkenliği tane yönü, özgül ağırlığı, nem oranı ve büyüme özellikleri gibi yapısal içeriklerine göre değişmektedir. Genel olarak ahşap ısı iletkenlik kat sayısı düşük olarak nitelendirilebilir.</p> <p>Prefabrike ahşap iskelet sistemlerde sınır elemanları bölücülerden oluşmaktadır. Bu nedenle ısı korunumunda sistem elemanlarından çok bölücüler görev almaktadır. Bu sistemle doğru bölücü kullanımı ve ısı köprüsü oluşmayacak şekilde uygun detay çözümleri ile iyi derecede ısı yalıtımı sağlanmaktadır (Manual, T. C., 2012; Tunçkol, 2012).</p>
<p>16) Ses Yalıtımı</p> 	<p>Ahşap, çoğu yapı malzemesi gibi, tek başına yeterli ses yalıtımı sağlayamaz. Prefabrike ahşap iskelet sistemler, uygun detay çözümü, doğru bölücü kullanımı ve ses yalıtımı sağlayabilecek malzemelerle kombine edildiği zaman iyi derecede ses yalıtımı sağlayabilmektedir (Manual, T. C., 2012).</p>



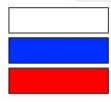

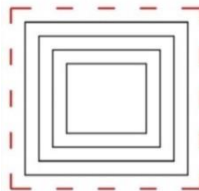
Tablo 23'ün devamı

<p>17) Yangın Güvenliği</p> 	<p>Ahşap yanıcı madde olarak nitelendirilmektedir. Bu özelliğinden dolayı yapısal madde olarak kullanımına birçok kısıtlama getirilmiştir. Ancak bilinenin aksine, yeterli kesit alanı sağlandığı durumda, ahşap diğer malzemelere göre daha iyi yangın direnci göstermektedir. Bunun nedeni ahşabın yangın esnasında yüzeyinin kömürleşmesi ve kül olana kadar yanmasıdır. Ahşap konutlar, elemanlar yük taşıma potansiyelini kaybedene kadar çökmezler. Dolayısıyla yangın esnasında birinci amaç olan canlıların konutu boşaltması için gerekli yangın direnci, ahşap elemanlar aracılığıyla sağlanabilmektedir (Güneş, 2014).</p> <p>Yapay ahşap elemanlar, fabrikalarda özel kimyasal maddeler aracılığıyla, yangın direnci çok yüksek hale getirilebilmektedir. Bu elemanların yangın direnci 1,5 saate kadar çıkmaktadır. Ahşap elemanların yangın direnci yüksek malzemeler aracılığıyla kaplanması ve dolgu malzemeler ile çerçeve elemanların arasının doldurulması da yangın güvenliği açısından alınabilecek önlemlerdir (Ayaz, 2011; Öztank, 2004).</p>
<p>18) Sürdürülebilirlik</p> 	<p>Prefabrike ahşap iskelet sistemlerin sürdürülebilirliğe katkıları (Ayaz, 2011):</p> <ul style="list-style-type: none"> *Ahşap, doğaya zarar vermeden elde edilen bir hammaddedir ve yaşam süresi boyunca ekolojiye olumsuz etki etmemektedir. *Endüstriyel ahşap malzemesi, plantasyon ormanlarından elde edilerek ormanlara zarar vermemektedir. *Ahşap gömülü enerjisi az bir malzemedir (Gömülü enerji, eleman üretimi sırasında kullanılan enerji miktarıdır) *Ahşap uzun ömürlü yapı elemanıdır. *Ahşaptan oluşan atıklar doğaya tekrar kazandırılabilir. *Ahşap malzeme kullanımı CO₂ emisyonuna katkı sağlamaktadır. *Prefabrike ahşap iskelet sistemler, kontrollü üretilerek optimum malzeme kullanımıyla minimum atık oluşturabilmektedir. *Ahşap iskelet sistem, hızlı kurulum ile şantiye alanında oluşan gürültü ve kirliliği en az seviyeye indirmektedir. *Ahşap iskelet sistemler, iyi derecede yalıtım ve enerjiden tasarruf sağlamaktadır.

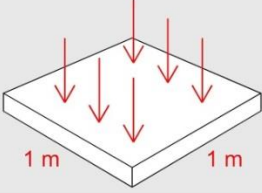
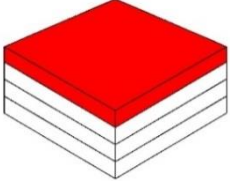
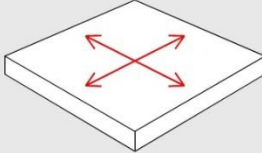
2.2.2.3. Çelik İskelet Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi

Konut üretiminde kullanılan prefabrike çelik iskelet sistemler (PÇİS) strüktürel kurgularına göre kolon-kiriş ve hafif çelik prefabrike iskelet sistemler olmak üzere 2 başlık altında sınıflandırılmıştır ve belirlenen kriterlere göre Tablo 24'de analiz edilmiştir:



Tablo 24. Prefabrikte çelik iskelet sistemlerin (PÇİS) konut üretiminde kullanımının analizi

Sistemler	Kolon-Kiriş PÇİS	Hafif Çelik PÇİS
Kriterler		
1) Elemanın Üretim Yeri 	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamında)	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamında)
2) Eleman Tipi 	Sistem elemanları düşey ve yatay taşıyıcılar olmak (kolon, kiriş ve çaprazlar) üzere duvar, döşeme ve çatıda yer almaktadır.	Sistem elemanları düşey ve yatay taşıyıcılar olmak (kolon, kiriş ve çaprazlar) üzere duvar, döşeme ve çatıda yer almaktadır.
3) Malzeme 	*Sıcak hadde çeliği	*Soğuk hadde çeliği
4) Yaygın Modüler Boyut 	<p>Çelik iskelet sistem elemanlarının standart boyutları ülkelerde uygulanan yönetmelikler ve üreticilere göre farklılık gösterebilmektedir. Üretici fabrikalar, sıklıkla ürettikleri çelik elemanları katalog ile sunmaktadır. Katalogta bulunan eleman boyutlarının dışında eleman üretimi için üretici firma ile iletişime geçilerek istenilen boyutlarda eleman sağlanabilmektedir.</p> <p>Aşağıda farklı kesitlerde çelik profillerin standart boyutları verilmiştir (Aydın, 2011):</p> <ul style="list-style-type: none"> *I kesitli profillerin yüksekliği 80-600 mm, taban genişliği 42-220 mm arasında değişmektedir. *H kesitli profillerin yüksekliği 100-1000 mm, taban genişliği 100-300 mm arasında değişmektedir. *U kesitli profillerin yüksekliği 50-400 mm, taban genişliği 38-110 mm arasında değişmektedir. *L kesitli profillerin boyutları eşit kenarlı olması durumunda 20-250 mm, çeşit kenarlı olması durumunda ise 100-200 mm arasında değişmektedir. *T kesitli profillerin yükseklikleri ve taban genişlikleri 30-80 mm arasında değişmektedir. *Kare kutu profillerin boyutları 40-400 mm, dikdörtgen kutu profillerin boyutları 50-400 mm arasında değişmektedir. *Boru profillerin çapları 38-600 mm arasında değişmektedir. 	
5) Boyut Sınırlaması 	Çelik iskelet sistem elemanlarının uzunlukları, üretim şartları ve nakliye kısıtlamaları ile sınırlı kalmaktadır. Bu elemanların genişlikleri ve yükseklikleri profillerin kesit şekillerine göre farklılaşmaktadır.	Hafif çelik iskelet sistem profillerinin üretildiği sacların kalınlığı 0,8 mm ile 2 mm arasında olmaktadır. Bu profillerin üretilebileceği maksimum uzunluk ise 12 m'dir. Sistem ile inşa edilen konutların kat yükseklikleri en fazla 3 m olabilmektedir (Eren, 2014b).


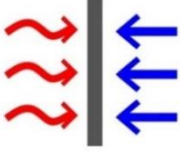



Tablo 24'ün devamı

<p>6) Ağırlık</p> 	<p>Çelik birim ağırlığı fazla bir malzemedir. Ancak bu malzemeden üretilen elemanların kg/m ağırlıkları, diğer yapı sistemlerine göre oldukça hafiftir. Çünkü dolu kesitli değildirler ve ince elemanlar ile yüksek mukavemet sağlayabilmektedirler (Eren, 2014).</p> <p>Çelik profiller, boyutlarına bağlı olarak, hafif, standart ve ağır seri olarak üretilmektedir. Aşağıda bazı çelik profillerin örnek ağırlıkları verilmiştir (Eren, 2014; Staib vd., 2008):</p> <ul style="list-style-type: none"> *96x100 mm I profil, 16,7 kg/m; 1000x300 mm I profil, 314 kg/m 'dir. *127x76 mm U profil, 13 kg/m; 500x185 mm U profil, 388 kg/m'dir. *40x40 mm ortası boş kare profil, 3,4 kg/m; 400x400 mm ortası boş kare profil 191 kg/m'dir. *50x30 mm ortası boş dikdörtgen profil, 3,6 kg/m; 400x4200 mm ortası boş dikdörtgen profil 141 kg/m'dir. *Dolu kesitli 10 mm çapında çelik çubuğun metre ağırlığı 0,6 kg iken; 500 mm çapında çelik çubuğun metresinin ağırlığı 1540 kg'a kadar çıkabilmektedir. 	<p>Hafif çelik sistemin en önemli avantajlarından biri çok düşük ağırlıklı olmasıdır. Profillerin ağırlığı, standart boyutlar kapsamında, en fazla 7,5 kg/m'ye kadar çıkmaktadır (Eren, 2014b).</p> <p>Aşağıda bazı çelik profillerin örnek ağırlıkları verilmiştir (URL-124, 2018):</p> <ul style="list-style-type: none"> *100x50 mm boyutunda bir C profilin ağırlığı 4 ile 5,5 kg/m arasında değişmektedir. *120x60 mm boyutunda bir C profilin ağırlığı 5 ile 6,8 kg/m arasında değişmektedir.
<p>7) Kat Sınırlaması</p> 	<p>Çelik, mukavemeti yüksek bir malzemedir. Çelik iskelet sistem, yüksek katlı konut inşası için oldukça elverişli bir yapı yöntemidir. Kat sınırı mühendislik hesaplarınca sınırlıdır. Günümüzde mevcut bulunan gökdelen yapılarının birçoğunda çelik iskelet sistem kullanılmıştır (Çelik, 2003).</p>	<p>Bu sistem az katlı konutların üretimi için uygundur. Sistem ile ekonomik açıdan 4 kata kadar inşa edilen konutlar rasyonellik sınırlarında kalmaktadır. Daha yüksek katlı konutların üretiminde kolon-kiriş çelik iskelet sistem kullanılmaktadır (Eren, 2014b).</p>
<p>8) Döşemede Geçilebilen Açıklık</p> 	<p>Çelik iskelet sistemler ile ince kesitli elemanlar kullanarak geniş açıklıklar geçmek mümkündür. Elemanların kesit kalınlıkları arttıkça daha geniş açıklıklar da geçilebilmektedir. Bu açıklık boyutu, üretim koşulları ve mühendislik hesapları ile sınırlıdır. Çelik iskelet sistemler ile 30 m'den geniş açıklık geçilmiş örnekler mevcuttur. Ancak kolon/kiriş kesit kalınlıkları, taşıma ve montaj araçları gibi faktörler düşünüldüğünde ekonomik açıklık boyutu 6-18 m arasında kabul edilmektedir (Sağlam, 2009; Staib vd., 2008).</p>	<p>Hafif çelik iskelet sistem ile döşemede geçilebilecek maksimum açıklık boyutu 5-8 m'dir. Bu boyuttan geniş açıklıklarda başka sistemlerden yararlanarak hibrit yapı oluşturulmaktadır (Eren, 2014b).</p>

Tablo 24'ün devamı

<p>9) Tasarım Esnekliği</p> 	<p>Çelik kolon-kiriş iskelet sistemler, esnek planlamaya en uygun sistemdir. Sistemin bölücüleri, tamamen strüktürel kurgudan bağımsız olarak tasarlanabilmektedir. Bu tasarımda çelik iskelet sistemin sunduğu ince kesitli taşıyıcılar ve geniş mekanlar etkili rol oynamaktadır. Çelik iskelet sistem konutlarda; kullanım amacını değiştirme, çeşitli yapısal eklemelere ve çıkarmalara imkan sunma, hasar gören bölgeleri değiştirme gibi olanaklar tanımaktadır (Eren, 2014).</p>	<p>Hafif çelik iskelet sistem, bölücülerinin esnek olarak kurgulanabilmesi, konutun eklemelere açık olması, az sayıda yapı elemanı türüyle çok farklı konutlar elde etme olanaklarını verir. Bu sistem, 2 ve 3 boyutlu elemanlar ile kurgulanan yapısal sistemlere oranla daha fazla tasarım esnekliği sunmaktadır (Eren, 2014b).</p>
<p>10) Yüzey Özelliği</p> 	<p>Sistem elemanları, şantiye alanına koruyucu boya uygulanmış olarak getirilmektedir. Bu elemanlar, her tür kaplama malzemesiyle kaplanabilmektedir. Ancak sistem kurgusu gereği iskelet sistem elemanları genellikle bölücü elemanları taşımaktadır. Yapının cephesini oluşturacak elemanlar ise bölüçülere monte edilmektedir.</p>	<p>Hafif çelik iskelet sistemde profiller, iç ve dış yüzeylerde taşıyıcı kaplama ile kaplanmaktadır. Bu kaplama hiçbir zaman görünür nitelikte olmamaktadır. Genellikle OSB ve kontrplak levhalar kullanılmaktadır. Sistemin görünür yüzeyleri taşıyıcı kaplamanın üzerine monte edilmektedir. İç yüzeylerde sıklıkla alçı levha kullanılırken dış yüzeylerde her tür kaplama malzemesi ve levhası kullanılabilir (Eren, 2004).</p>
<p>11) Nakliye</p> 	<p>Prefabrike çelik iskelet sistem elemanları kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilmektedir. Bu sistemin elemanları hafiftir ve genellikle taşıma sınırlarını aşmamaktadır. Sistem elemanlarının boyut sınırını aştığı durumlarda, özel izinler gerekmektedir. Çelik iskelet sistem, nakliye açısından en avantajlı sistemlerden biri olarak nitelendirilebilir. Sistem elemanlarının uzunluklarının taşıma sınırları için Tablo 22 kriter 11'e bakınız.</p>	
<p>12) Montaj Araçları</p> 	<p>Kolon-kiriş çelik iskelet sistemler, hafif iskelet sistem elemanlarına göre ağır, diğer sistemlere göre hafif elemanlarla oluşan bir yapı sistemidir. Eleman sayısı oldukça fazla ve çeşitlidir. Büyük ve küçük boyutlu birçok elemanı olan sistemin montajı için vinçler ve kapsamlı montaj ekipmanı gerekmektedir. Bu sistemin gerektirdiği vinçler, 2 ve 3 boyutlu ağır sistemlerin gerektirdiği kadar yüksek kapasiteli elemanlar değildir ancak montaj ekipmanı çeşitli ve geniş kapsamlı olmaktadır.</p>	<p>Bu sistemin elemanları oldukça hafiftir. Herhangi taşıma aracı gerektirmeyen sistem elemanları, insan gücüyle taşımaya elverişlidir. Elemanların montajı için gerekli araçlar ahşap iskelet sistem montaj araçlarıyla benzerdir ve basit gereçler ile yapıyı inşa etmek mümkündür (Eren, 2014b).</p>
<p>13) İşçilik</p> 	<p>Çelik iskelet sistem elemanlarının montajı, vasıflı teknik eleman gerektirmektedir. Ayrıca sistem elemanlarının fazlalığı ve prefabriklik derecesinin düşüklüğü nedeniyle, şantiye alanında işçilik gereksinimi yüksektir (Eren, 2014).</p>	



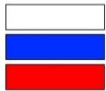

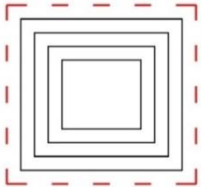
Tablo 24'ün devamı

<p>14) Prefabriklik Derecesi</p> 	<p>Prefabrike çelik iskelet sistemler, ahşap iskelet sistemlerde olduğu gibi, bileşen sayısının fazla olması nedeniyle, prefabrike 2 ve 3 boyutlu elemanlara oranla daha düşük prefabriklik derecesindedir (Smith, 2010). Sistem elemanları tesisat boşlukları açılmış ancak herhangi bir kaplama yapılmadan şantiye alanına getirilmektedir. İnce işler ve tesisat donanımı genellikle şantiye alanında yapılmaktadır.</p>	
<p>15) Isı Yalıtımı</p> 	<p>Çelik kolon-kiriş iskelet sistemlerde sınır elemanları farklı bölücülerden oluşabilmektedir. Etkili ısı yalıtımı için bölücü elemanların bünyesinde ısı yalıtım katmanı veya ısı geçirim kat sayısı oldukça düşük malzemeden yapılmış materyaller kullanmak gerekmektedir. Ayrıca çelik iskelet sistem elemanlarının ısı köprüsü oluşturumaması için ısı yalıtım katmanının çelik elemanların konumlarına göre doğru detaylandırılmaları gerekmektedir (Aydın, 2011; Çelik, 2003).</p>	<p>Hafif çelik iskelet sistem elemanlarının ısı iletkenlikleri yüksektir ancak bu sistem ile kurgulanan yapılarda, ısı yalıtım katmanı uygulayarak iyi derecede ısı yalıtımı sağlanabilir. Isı yalıtım tabakası çelik profillerin arasına değil, iç veya dış yüzeyine kesintisiz olacak şekilde uygulanmalıdır. Isı yalıtımının profillerin arasına uygulandığı durumlarda profillerin bulunduğu bölgelerde ısı köprüleri oluşmaktadır (Yıldırım, 2003).</p>
<p>16) Ses Yalıtımı</p> 	<p>Çelik, ses yalıtımı konusunda iyi bir malzeme değildir. Yapıda darbe ve yankı seslerini engellemek için çeşitli ses yutucu kaplama malzemeleri ile önlemler alınmalıdır veya bölücülerin kesit kalınlığı artırılmalıdır (Çelik, 2003).</p>	
<p>17) Yangın Güvenliği</p> 	<p>Çelik, yangın dayanımı düşük bir malzemedir. Bu nedenle çelik kolon-kiriş iskelet sistem ile kurgulanan konutlarda özel önlemler almak gerekmektedir. Yapının yangın direncini yükseltmek için iç ve dış yüzeyleri yangın dayanımlı malzemeler ile kaplama, katlar arası yangın yayılmasını kesmek için döşemelere yangın kesici elemanlar koymak, çelik elemanların çevresine beton dökme, çelik elemanların yangın dayanımlı boya ile boyanması gibi önlemler alınmalıdır (Çelik, 2003).</p>	<p>Hafif çelik sistem elemanları, soğuk sac levhadan yapıldığı için yangına karşı oldukça dirençsizdir. Bu sistem elemanlarını yangın dirençli kaplama malzemeleri ile yangından korumak gerekmektedir. Ayrıca yangının yalıtım ve profil kısmına sıçraması durumunda zehirli gazlar çıktığı unutulmamalıdır (Yıldırım, 2003).</p> <p>Hafif çelik sistem ile yangına karşı temel önlem, sistemi az katlı konutlarda kullanarak yangın durumunda anında yapıyı terk etmektir (Yıldırım, 2003).</p>
<p>18) Sürdürülebilirlik</p> 	<p>Prefabrike çelik iskelet sistemlerin sürdürülebilirliğe katkıları (Aydın, 2011):</p> <ul style="list-style-type: none"> *Çelik, %100 geri dönüştürülebilir bir malzemedir. *Çelik konstrüksiyonlar, malzeme açısından verimlidir. Az miktarda atık üretir ve bu atıklar geri dönüştürülebilir. *Çelik, uzun ömürlü bir malzemedir. *Çelik iskelet sistem elemanları, uygun detay çözümleri ile sökülerek tekrar kullanılabilir. *Çelik iskelet sistem, hızlı kurulum ile şantiye alanında oluşan gürültü ve kirliliği en az seviyeye indirmektedir. *Çelik iskelet sistemler, iyi derecede yalıtım ve enerjiden tasarruf sağlamaktadır. 	

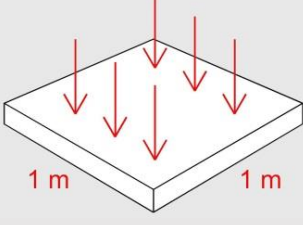
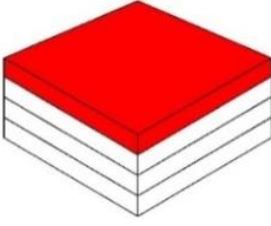
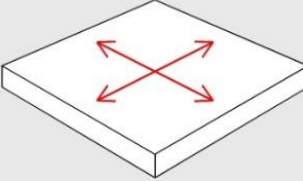

2.2.2.4. Beton Panel Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi

Konut üretiminde kullanılan prefabrike beton panel sistemler (PBPS) boyutlarına göre büyük boy, küçük ve orta boy prefabrike beton paneller olmak üzere 2 başlık altında sınıflandırılmıştır ve belirlenen kriterlere göre Tablo 25’de analiz edilmiştir:

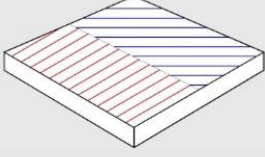
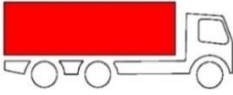



Tablo 25. Prefabrike beton panel sistemlerin (PBPS) konut üretiminde kullanımının analizi

Sistemler	Büyük Boy PBPS	Küçük ve Orta Boy PBPS
Kriterler		
1) Elemanın Üretim Yeri 	*Şantiye alanı dışı (dolu kesitli, sandviç ve çift duvar beton paneller ve nervürlü paneller) *Şantiye alanı (dolu kesitli betonarme paneller)	*Şantiye alanı dışı (dolu kesitli, sandviç, çift duvar ve boşluklu beton paneller ve nervürlü paneller) *Şantiye alanı (dolu kesitli betonarme paneller)
2) Eleman Tipi 	*Duvar (dolu kesitli, sandviç ve çift duvar beton paneller) *Döşeme (dolu kesitli, sandviç paneller ve nervürlü paneller) *Merdiven (dolu kesitli beton paneller) *Çatı (dolu kesitli beton paneller)	*Duvar (dolu kesitli, sandviç ve çift duvar paneller) *Döşeme (dolu kesitli, sandviç, boşluklu beton paneller ve nervürlü paneller) *Merdiven (dolu kesitli beton paneller) *Çatı (dolu kesitli, sandviç ve boşluklu beton paneller)
3) Malzeme 	*Betonarme *Gazbeton *Ön gerilmeli beton	*Betonarme *Gazbeton *Ön gerilmeli beton
4) Yaygın Modüler Boyut 	Büyük boy beton paneller için yaygın modüler boyut bulunmamaktadır. İstenilen boyuta uygun hazırlanan kalıplar ile farklı boyutlarda modüler koordinasyon sağlamak mümkündür.	*10 cm (temel modül) ve katları *30 cm ve katları (Eser, 1982)
5) Boyut Sınırlaması 	240 cm’den geniş paneller, büyük boy panel olarak sınıflandırılmaktadır. Panellerin boyutları, üretim koşulları, nakliye kısıtlamaları ve mühendislik hesapları ile sınırlıdır. Panel boyutları, farklı detay çözümlerinden oluşan çeşitli büyük boy beton panel sistemler için farklılaşmaktadır.	240 cm genişliğine kadar üretilen paneller küçük ve orta boy paneller olarak sınıflandırılmaktadır. Panellerin uzunlukları, üretim koşulları, nakliye kısıtlamaları ve mühendislik hesapları ile sınırlıdır; panellerin türüne, kalınlığına ve yük hesabına göre değişkenlik göstermektedir.

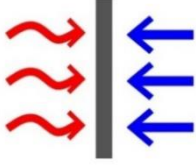



Tablo 25'in devamı

<p>6) Ağırlık</p> 	<p>Panellerin ağırlıkları, panel çeşidine, kullanılan malzemeye, malzeme sınıflarına ve donatı yoğunluklarına göre değişmektedir. Aşağıda beton panel sistem yapımında kullanılan 20 cm kalınlığındaki panel türlerinin 1 m²'sinin ağırlık değerleri verilmiştir:</p> <p>*20 cm kalınlığında donatılı gazbeton panel (dolu kesitli panel) ortalama 145-170 kg/m²'dir (Ytong Sanayi A.Ş., t.y.).</p> <p>*15 cm kalınlığında, dolu kesitli masif betonarme panel ortalama 375 kg/m²'dir (Ete İnş. San. Ve Tic. Ltd. Şti., 2014). 20 cm kalınlığında dolu kesitli betonarme panellerin ağırlığı 500 kg/m²'ye çıkabilmektedir.</p> <p>*2x5 cm'lik panellerle oluşturulan 20 cm kalınlığında çift duvar betonarme panel ortalama 250 kg/m²'dir (Ete İnş. San. Ve Tic. Ltd. Şti., 2014).</p> <p>*20 cm kalınlığında ön gerilmeli ve boşluklu beton panel ortalama 240 kg/m²'dir (Danta Şirketi, t.y.).</p>
<p>7) Kat Sınırlaması</p> 	<p>Yüksek katlı konutlara uygundur. 30 kat yükseklik öngören sistemler mevcuttur (Tapan ve Sey, 1987).</p> <p>Az katlı konutlar için uygundur fakat 8 kata kadar çıkabilen istisnai sistemler de mevcuttur (Tapan ve Sey, 1987).</p> <p>Yaygın olarak kullanılan gazbeton paneller ile 2 kat yüksekliğe kadar konutlar üretmek mümkündür (Ytong Sanayi A.Ş., t.y.).</p>
<p>8) Döşemede Geçilebilen Açıklık</p> 	<p>Dolu kesitli betonarme döşeme paneli ile 6 m açıklık geçilebilmektedir. Bu panel ile daha geniş açıklıklar geçmek mümkündür, ancak ağırlık artışından dolayı rasyonellikten uzaklaşmaktadır. Kullanılan farklı paneller ile geçilebilen açıklıklar değişebilmektedir. Ağırlığından dolayı dolu kesitli döşeme panelleri yerini boşluklu ve nervürlü panellere bırakmıştır. Bu paneller ile 15 m açıklık geçmek mümkündür. Bu elemanların öngerilmeli olarak üretilmesi durumunda bu boyut 30 m'ye kadar çıkabilmektedir (Sağlam, 2009; Staib vd., 2008).</p> <p>En yaygın kullanılan tür olan gazbeton panellerle 6 metre açıklık geçilebilmektedir (Ayaydın ve Koman, 2004). Ön gerilmeli ve boşluklu paneller ile 17 metre açıklık geçilebilmektedir (Yapı Merkezi Prefabrikasyon A.Ş., t.y.).</p>
<p>9) Tasarım Esnekliği</p> 	<p>Elemanların büyük boyutu, tasarım esnekliğini sınırlamaktadır. Dairesel çözümlü planlara elverişli değildir (Eşiyok, 2000).</p> <p>Beton panellerde boyut küçüldükçe tasarım esnekliği artmaktadır. Bu panel tipleri dairesele çözümlü planlara elverişlidir (Eşiyok, 2000).</p>

Tablo 25'in devamı

<p>10) Yüzey Özelliği</p> 	<p>Boya ve çeşitli kaplamalar uygulanabilir, brüt beton veya rölyefli brüt beton şeklinde de kullanılabilir. Yüzey uygulamaları, fabrika alanında yapılabilir. Boşluklu panel yapıda ise boşlukların yerine dikkat edilerek kaplama yapılmalıdır.</p>	<p>Çeşitli hafif yüzey kaplamalarına ve boyaya uygundur. Birleşim yerlerinde bulunan derzler, yüzey seçiminde göz ardı edilmemelidir.</p>
<p>11) Nakliye</p> 	<p>Büyük boy beton paneller kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilmektedir. Nakliye standartları konusunda detaylı bilgi için Tablo 22 kriter 11'e bakınız.</p> <p>Paneller, yatay veya düşey olarak nakliye yapılabilirler. Boyutu 2.8 m'ye kadar olan paneller konteynırlarla taşınabilmektedir. 2.8 m'den yüksek paneller düşey olarak taşınırken, 4 m'den yüksek paneller yatay taşınmaktadır (Ete İnş. San. Ve Tic. Ltd. Şti., 2014b).</p> <p>Bu sistem elemanları için belirlenen ekonomik nakliye uzaklığı 100 km'dir ancak panelin prefabriklik derecesine göre bu mesafe artabilmektedir (Staib vd., 2008).</p>	<p>Küçük ve orta boy ahşap paneller boyutlarının elverişli olması nedeniyle nakliyat için belirlenen boyut sınırlılıkları açısından problem göstermemektedir. Üretildiği alandan şantiye alanına kara, deniz, demir ve hava yolu ile götürülebilmektedir. Küçük ve orta boy beton paneller için belirlenen ekonomik nakliye uzaklığı 300-600 km'ye kadar çıkabilmektedir (Staib vd., 2008).</p>
<p>12) Montaj Araçları</p> 	<p>Elemanların boyutları ve ağırlıkları nedeniyle yüksek kapasiteli kaldırma ve çeşitli montaj araçları gerektirmektedir (Eşiyok, 2000).</p>	<p>Boyutlarının ve ağırlıklarının elverişli olması nedeniyle basit araçlar veya insan gücü ile taşınıp, basit ve düşük maliyetli montaj araçları ile monte edilebilmektedir (Eşiyok, 2000).</p>
<p>13) İşçilik</p> 	<p>Elemanların boyutlarının büyüklüğü ve prefabriklik derecesinin yüksek olmasından dolayı işçilik gereksinimi düşüktür (Eşiyok, 2000).</p>	<p>Yapının çok sayıda elemandan oluşması ve sistemin prefabriklik derecesinin büyük boy panellere oranla düşük olması nedeniyle işçilik gereksinimi yüksektir (Eşiyok, 2000).</p>
<p>14) Prefabriklik Derecesi</p> 	<p>Doğramaları, kaplamaları ve tesisatı içinde olacak şekilde yüksek derecede prefabrikte üretime uygundur (Staib vd., 2008).</p>	<p>Bu elemanların bitmişlik düzeyi düşüktür; ince yapı ve tesisat ile ilgili işler şantiye de yapılmaktadır (Eşiyok, 2000).</p>



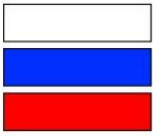
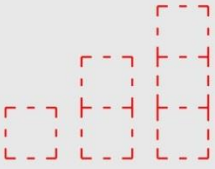
Tablo 25'in devamı

<p>15) Isı Yalıtımı</p> 	<p>*Gazbeton bünyeli dolu kesitli paneller, malzeme özellikleri dolayısıyla ısı yalıtımını sağlamaktadır ve ek yalıtım katmanı gerektirmemektedir (Ytong Sanayi A.Ş., t.y.). Betonarme bünyeli dolu kesitli panellere ek olarak uygulanan ısı yalıtım katmanı sayesinde iyi derecede ısı yalıtımı sağlanabilmektedir.</p> <p>*Sandviç beton paneller, yapısında bulunan ısı katmanı sayesinde iyi derecede ısı yalıtımını sağlamaktadır (URL-125, 2018).</p> <p>*Çift duvar beton paneller, bünyesinde ısı yalıtımlı üretilebilmektedir ya da sonradan ek katman olarak montajı sağlanabilmektedir. Bu sayede iyi derecede ısı yalıtımını sağlamaktadır (URL-126, 2018).</p> <p>*Boşluklu panellerin boşluklu yapısından dolayı masif beton panellere göre ısı geçirgenliği daha azdır. Bu panellerde, kullanım yeri dolayısıyla ısı yalıtım katmanı genel olarak uygulanmamaktadır (Danta Şirketi, t.y.).</p> <p>Not: Küçük ve orta boy panellerin birleşim bölgelerinin fazlalığı nedeniyle ısı köprüsü oluşumuna karşı dikkat edilmelidir.</p>
<p>16) Ses Yalıtımı</p> 	<p>Kompozit, gazbeton bünyeli ve boşluklu panel türleriyle, kalın kesitli panellerle ya da ek katmanlar ile önlemler alınarak iyi derecede ses yalıtımı sağlanabilmektedir.</p>
<p>17) Yangın Güvenliği</p> 	<p>Beton malzemenin yangın direnci diğer yapı malzemelerine göre yüksektir. Bunun yanı sıra panellere uygulanan ek yangın önlemleri ile (kaplama vb.) yüksek derecede yangın korunumu sağlanabilmektedir.</p>
<p>18) Sürdürülebilirlik</p> 	<p>Beton panel sistemlerin sürdürülebilirliğe katkıları:</p> <p>*Fabrika ortamındaki üretim koşulları sayesinde malzeme sarfiyatı azalmaktadır.</p> <p>*Paneller demonte edilerek tekrar kullanılmaya yönelik tasarlanabilmektedir.</p> <p>*Paneller, enerji etkin üretilerek tasarruf sağlanabilmektedir.</p> <p>*Panellerin beton katmanları kullanım süresi sonunda dolgu, yol yapım veya mıcır malzemesi olarak tekrar kullanılabilir.</p> <p>*Beton panel sistem, hızlı kurulum ile şantiye alanında oluşan gürültü ve kirliliği en az seviyeye indirmektedir.</p> <p>*Gazbeton malzemesi kendi yapısında kullanılabilen çamur ve toz haline getirilebilmektedir.</p>

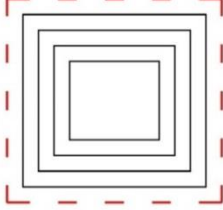
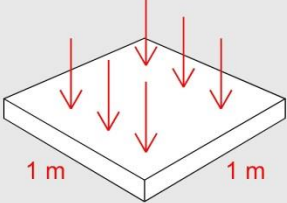
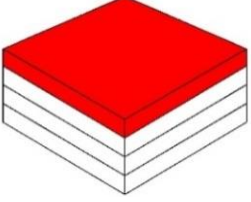
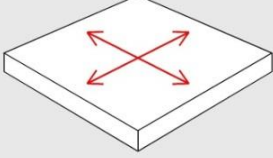
2.2.2.5. Ahşap Panel Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi

Konut üretiminde kullanılan prefabrike ahşap panel sistemler (PAPS) boyutlarına göre büyük boy, küçük ve orta boy prefabrike ahşap paneller olmak üzere 2 başlık altında sınıflandırılmıştır ve belirlenen kriterlere göre Tablo 26’da analiz edilmiştir:


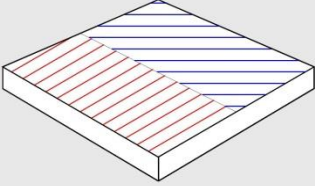
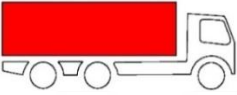



Tablo 26. Prefabrike ahşap panel sistemlerin (PAPS) konut üretiminde kullanımının analizi

Sistemler	Büyük Boy PAPS	Küçük ve Orta Boy PAPS
Kriterler		
1) Elemanın Üretim Yeri 	*Şantiye alanı dışı (masif ahşap, strüktürel nitelikli kompozit ve masif taşıyıcı ahşap paneller) *Şantiye alanı (masif taşıyıcı ahşap paneller) (Anderson ve Anderson, 2007)	*Şantiye alanı dışı (masif ahşap, strüktürel nitelikli kompozit ve masif taşıyıcı ahşap paneller) *Şantiye alanı (masif taşıyıcı ahşap paneller) (Anderson ve Anderson, 2007)
2) Eleman Tipi 	*Duvar (masif ahşap, strüktürel nitelikli kompozit ve masif taşıyıcı ahşap paneller) *Döşeme (masif ahşap, strüktürel nitelikli kompozit ve masif taşıyıcı ahşap paneller) *Çatı (masif ahşap, strüktürel nitelikli kompozit ve masif taşıyıcı ahşap paneller) *Merdiven (masif ahşap paneller)	*Duvar (masif ahşap, strüktürel nitelikli kompozit ve masif taşıyıcı ahşap paneller) *Döşeme (masif ahşap, strüktürel nitelikli kompozit ve masif taşıyıcı ahşap paneller) *Çatı (masif ahşap, strüktürel nitelikli kompozit ve masif taşıyıcı ahşap paneller) *Merdiven (masif ahşap paneller)
3) Malzeme 	*Doğal ahşap *Yapay ahşap (lamine ahşap, çapraz lamine ahşap, strüktürel nitelikli kompozit ahşap)	*Doğal ahşap *Yapay ahşap (lamine ahşap, çapraz lamine ahşap, strüktürel nitelikli kompozit ahşap)
4) Yaygın Modüler Boyut 	Ahşap kaplama levhalarının standart boyutu olan 120/122 cm’in katları (240 cm, 360 cm vb.) yaygın olarak kullanılmaktadır (Midon vd., 1996).	Ahşap kaplama levhalarının standart boyutu olan 120/122 cm ve bu boyutun bölenleri (60 cm vb.) yaygın olarak kullanılmaktadır (Midon vd., 1996).

Tablo 26'nın devamı

<p>5) Boyut Sınırlaması</p> 	<p>Ahşap panellerin genişlikleri 14,5 m'ye kadar çıkabilmektedir (Staib vd., 2008).</p> <p>Sürekli gelişen yapım teknolojisi ile günümüzde mühendislik hesapları ve nakliyat koşullarının elverişli olması durumunda, daha büyük boyutlu ahşap panel üretimleri mümkün olmaktadır. Örneğin mevcut teknoloji ile 22 m x 3,5 m masif ahşap panel üretimi mümkündür (URL-127, 2018).</p>	<p>240/244 cm genişliğine kadar üretilen paneller küçük ve orta boy paneller olarak sınıflandırılmaktadır.</p> <p>Küçük ve orta boy ahşap panellerin uzunlukları genellikle kat yüksekliğinde olmaktadır (Staib vd., 2008).</p>
<p>6) Ağırlık</p> 	<p>Panellerin ağırlıkları, türlerine, kullanılan malzemeye, malzeme sınıflarına göre değişmektedir. Aşağıda ahşap panel türlerinin 1 m²'sinin ağırlık değerleri verilmiştir:</p> <p>*20 cm kalınlığında masif ahşap panelin (CLT panel) m²'si yaklaşık olarak 90 kg'dır (URL-128, 2018).</p> <p>*20 cm kalınlığında strüktürel nitelikli kompozit panelin m²'si yaklaşık olarak 20 kg'dır (URL-129, 2018).</p> <p>*Masif taşıyıcı ahşap panellerin ağırlıkları kaplamalı ve dolgulu olmasına göre oldukça değişkendir. Kaplamasız ve dolgusuz 5x10 cm dikmelerle üretilmiş sade bir çerçevenin m² ağırlığı yaklaşık olarak 20 kg iken, bu çerçevenin iki tarafı kaplanınca m² ağırlığı 100 kg'a kadar çıkabilmektedir (URL-130, 2018).</p>	
<p>7) Kat Sınırlaması</p> 	<p>Yüksek katlı konutlar için uygundur. Hibrit sistem içerisinde kullanılmasıyla birlikte 20 kat yüksekliğe kadar ulaşabilmektedir.</p>	<p>Az ve orta yükseklikte konutlar için uygundur. Panel elemanları küçüldükçe işçilik artmakta ve prefabriklik derecesi düşmektedir. Bu nedenle küçük ve orta boy ahşap paneller ile yüksek katlı konut yapımı rasyonellikten uzaklaşmaktadır.</p>
<p>8) Döşemede Geçilebilen Açıklık</p> 	<p>Döşeme elemanları 2,5 metre genişlikte ve 10 metre uzunlukta olabilmektedir (Staib vd., 2008).</p>	<p>Bu sistemin döşemede geçilebilen açıklığı büyük boy ahşap panel sistemlerin boyutuyla ilişkilidir. Döşemede büyük boy paneller kullanılarak büyük açıklıklar geçmek mümkündür ancak küçük ve orta boy duvar panellerinin döşemede kullanılan büyük boy ahşap panelin yükünü taşıma kapasitesi göz ardı edilmemelidir (Staib vd., 2008).</p>

Tablo 26'nın devamı

<p>9) Tasarım Esnekliği</p> 	<p>Büyük boy elemanlar tasarım esnekliğini kısıtlamaktadır.</p>	<p>Küçük ve orta boy elemanlar tasarım esnekliği açısından daha elverişlidir. Bu panel tipleri dairesel planlar için de uygundur.</p>
<p>10) Yüzey Özelliği</p> 	<p>Ahşap panellerin yüzeyleri çeşitli malzemeler ile kaplanabilir, gerekli katmanlar uygulanarak sıva ve boya yapılabilir veya işlem yapmadan doğal görüntüsüyle bırakılabilir. Panellere yapılacak kaplamalar üretici firmaya danışılmalıdır (Özellikle kompozit panellerde).</p>	<p>Büyük boy ahşap panellerde uygulanan yüzey uygulamaları küçük ve orta boy ahşap panellerde de geçerlidir ancak küçük ve orta boy ahşap panellerin birleşim bölgelerinin fazlalığı nedeniyle ince işçilik kalitesi düşmektedir. Bu paneller ile uygulama yapılırken derz bölgelerine dikkat edilmelidir.</p>
<p>11) Nakliye</p> 	<p>Büyük boy ahşap paneller kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilmektedir. Nakliye boyut sınırlamaları için Tablo 22 kriter 11' bakınız.</p> <p>Bu paneller için belirlenen ekonomik nakliye uzaklığı 300 km'dir ancak panelin prefabriklik derecesine göre bu mesafe artabilmektedir (Staib vd., 2008).</p>	<p>Küçük ve orta boy ahşap paneller boyutlarının elverişli olması nedeniyle nakliyat için belirlenen boyut sınırlılıkları açısından problem göstermemektedir. Üretildiği alandan şantiye alanına kara, deniz, demir ve hava yolu ile götürülebilmektedir. Küçük ve orta boy ahşap paneller için belirlenen ekonomik nakliye uzaklığı 600 km'ye kadar çıkabilmektedir (Staib vd., 2008).</p>
<p>12) Montaj Araçları</p> 	<p>Elemanların boyutları ve ağırlıkları nedeniyle yüksek kapasiteli kaldırma ve çeşitli montaj araçları gerektirmektedir.</p>	<p>Boyutlarının ve ağırlığının elverişli olması nedeniyle basit araçlar veya insan gücü ile taşınıp, basit ve düşük maliyetli montaj araçları ile monte edilebilmektedir.</p>
<p>13) İşçilik</p> 	<p>Elemanların boyutlarının büyüklüğü ve prefabriklik derecesinin yüksek olmasından dolayı işçilik gereksinimi düşüktür.</p>	<p>Boyutları ve prefabriklik derecesi nedeniyle büyük boy ahşap panellere göre daha fazla işçilik gerektirmektedir.</p>
<p>14) Prefabriklik Derecesi</p> 	<p>Doğramaları, kaplamaları ve tesisatı içinde olacak şekilde yüksek derecede prefabrike üretime uygundur.</p>	<p>Doğramaları, kaplamaları ve tesisatı içinde olabilmektedir ancak elemanların boyutundan dolayı prefabriklik derecesi büyük boy ahşap panellere göre düşüktür.</p>




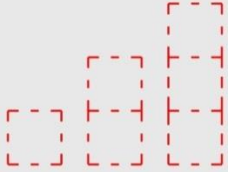
Tablo 26'nın devamı

<p>15) Isı Yalıtımı</p> 	<p>*Masif ahşap panellere gerekli hesaplamalar yapılarak uygulanan ısı yalıtım katmanı sayesinde yüksek derecede ısı yalıtımı sağlanabilmektedir (URL-131, 2018).</p> <p>*Strüktürel nitelikli kompozit panellerin bünyesinde bulunan ısı yalıtım malzemesi sayesinde yüksek derecede ısı yalıtımı sağlanabilmektedir (URL-129, 2018).</p> <p>*Masif ahşap taşıyıcı paneller, genellikle dikmeleri arasına ısı yalıtım malzemesi konularak yalıtılmaktadır. Ancak panellerin kenar birleşimleri ve dikme bölgelerinde ısı köprüsü oluşabildiği için dikmeler ve ısı yalıtım katmanı doğru detaylandırılmalıdır.</p>
<p>16) Ses Yalıtımı</p> 	<p>Yoğunluğu ve katmanları fazla olan ahşap paneller ile ses yalıtılabilmektedir. Bu özelliklerin yetmediği durumlarda ahşap panellere ses yutucu katmanlar eklenerek iyi derecede ses yalıtımı sağlanabilmektedir.</p> <p>*Masif ahşap paneller, yoğun yapısı dolayısıyla iyi derecede ses yalıtımı sağlayabilmektedir. Gerekli durumlarda panellere ek ses yutucu katmanlar eklenebilmektedir (URL-132, 2018).</p> <p>*Strüktürel nitelikli kompozit ahşap panellerin ses yalıtım özelliği, panelin bünyesinde kullanılan yalıtım malzemesinin kalınlığına ve ek olarak kullanılan ses yutucu katmana bağlıdır. Bu paneller yüksek frekanslı seslerin yalıtımında iyi derecede ses yalıtımı sağlar ancak düşük frekanslı seslerin yalıtımında başarılı değildir (URL-133, 2018).</p> <p>*Masif taşıyıcı ahşap paneller boşluklu yapısı ve ek olarak uygulanan ses yutucu katmanlar sayesinde iyi derecede ses yalıtımı sağlayabilmektedir.</p>
<p>17) Yangın Güvenliği</p> 	<p>İmar yönetmeliklerine göre konstrüksiyonun en az 15 dakika yangın dayanımı olması gerekmektedir. Ahşap panellere alçı panel, termal dayanımlı bariyer, yangın dayanımlı kaplama uygulayarak veya panelin kesit kalınlığı artırılarak yangın dayanım süresi oldukça uzatılabilmektedir ve yüksek yangın güvenliği sağlanabilmektedir (URL-132, 2018 ; URL-133, 2018).</p>
<p>18) Sürdürülebilirlik</p> 	<p>Ahşap panel sistemlerin sürdürülebilirliğe katkıları (URL-107, 2018):</p> <p>*Ahşap ve endüstriyel ahşap yapı itibari ile doğadan elde edilebilen ve ekolojiye zarar vermeyen malzemelerdir (Bkz. Tablo 23 kriter 18).</p> <p>*Ahşap panel yapımında rasyonel malzeme kullanımı ile minimum seviyede atık oluşturulmaktadır.</p> <p>*Ahşap paneller bünyesinde karbon depolayarak atmosfere katkıda bulunmaktadır.</p> <p>*Ahşap paneller etkin enerji kullanımı (ısı yalıtımı vb.) sayesinde tasarruf sağlamaktadır.</p> <p>*Ahşap panel kullanımı ile yapının ömrü optimize edilebilmektedir.</p> <p>*Ahşap panel sistem elemanları, uygun detay çözümleri ile sökülerek tekrar kullanılabilir.</p> <p>*Ahşap panel sistem, hızlı kurulum ile şantiye alanında oluşan gürültü ve kirliliği en az seviyeye indirmektedir.</p>


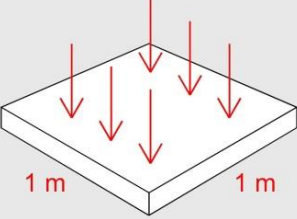
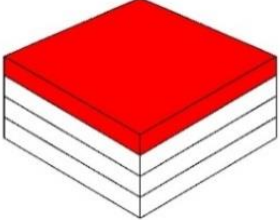
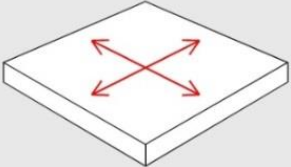
2.2.2.6. Çelik Panel Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi

Konut üretiminde kullanılan prefabrike çelik panel sistemler (PÇPS) boyutlarına göre büyük boy, küçük ve orta boy prefabrike çelik paneller olmak üzere 2 başlık altında sınıflandırılmıştır ve belirlenen kriterlere göre Tablo 27’de analiz edilmiştir:


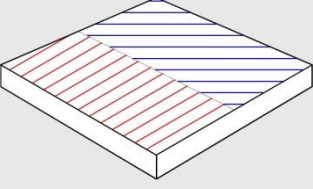
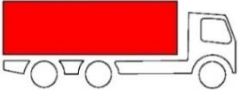

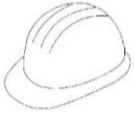
Tablo 27. Prefabrike çelik panel sistemlerin (PÇPS) konut üretiminde kullanımının analizi

Sistemler	Büyük Boy PÇPS	Küçük ve Orta Boy PÇPS
Kriterler		
1) Elemanın Üretim Yeri 	*Şantiye alanı dışı (çelik levha perde duvar paneli ve hafif çelik çerçeve paneller) *Çelik çerçeveleri oluşturan profiller şantiye alanında birleştirilebilmektedir.	*Şantiye alanı dışı (çelik levha perde duvar paneli, hafif çelik çerçeve paneller ve çelik sandviç paneller) *Çelik çerçeveleri oluşturan profiller şantiye alanında birleştirilebilmektedir.
2) Eleman Tipi 	*Duvar (çelik levha perde duvar paneli ve hafif çelik çerçeve paneller) *Döşeme (hafif çelik çerçeve paneller) *Merdiven (Çelik levha panel) *Çatı (hafif çelik çerçeve paneller)	*Duvar (çelik levha perde duvar paneli, hafif çelik çerçeve paneller ve çelik sandviç paneller) *Döşeme (hafif çelik çerçeve paneller) *Merdiven (Çelik levha panel) *Çatı (hafif çelik çerçeve paneller ve çelik sandviç paneller)
3) Malzeme 	* Sıcak hadde çeliği (çelik levha perde duvar paneli) * Soğuk hadde çeliği (çelik levha perde duvar paneli, hafif çelik çerçeve paneller ve çelik sandviç paneller)	* Sıcak hadde çeliği (çelik levha perde duvar paneli) * Soğuk hadde çeliği (çelik levha perde duvar paneli, hafif çelik çerçeve paneller ve çelik sandviç paneller)
4) Yaygın Modüler Boyut 	Çelik paneller nakliyat, üretim koşulları ve mühendislik hesaplarının elverdiği ölçüde istenilen boyutlarda üretilebilmektedir. *Çelik levha perde duvar paneller için kabul edilen modüler boyut yoktur. Planlamada gereksinim duyulan ölçülerde üretilmektedir. *Hafif çelik çerçeve paneller de istenilen boyutlarda üretilmektedir ancak paneli oluşturan çelik profillerin arasında ki açıklık 40-60 cm olmalıdır ve planlama yapılırken bu boyut çoğunlukla göz önünde bulundurulmaktadır (Staib vd., 2008).	Çelik levha perde duvar panel ve hafif çelik çerçeve sistem için büyük boy panellerde kullanılan modüler boyut küçük ve orta boy panellerde de geçerlidir. Çelik sandviç panellerde ise yaygın modüler boyut 1 metre’dir (URL-134, 2018).


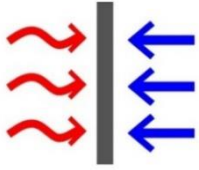
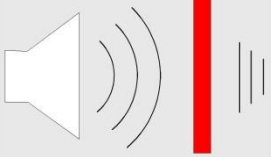

Tablo 27'nin devamı

<p>5) Boyut Sınırlaması</p> 	<p>Çelik panellerin boyutları, nakliyat, üretim koşulları ve mühendislik hesapları ile sınırlıdır.</p>	<p>240 cm genişliğine kadar üretilen paneller küçük ve orta boy paneller olarak sınıflandırılmaktadır.</p> <p>Küçük ve orta boy çelik panellerin uzunlukları nakliyat koşulları ile sınırlı kalmaktadır.</p>
<p>6) Ağırlık</p> 	<p>Panellerin ağırlıkları, türlerine, kullanılan malzemeye ve kaplamalarına göre değişmektedir. Aşağıda çelik panel türlerinin ağırlık hakkında bilgi verilmiştir:</p> <p>*Çelik levha perde duvar paneller, beton perde duvarlara göre daha hafiftirler. Yapılan örnek bir proje çalışmasında beton perde duvar yerine göre kullanılan çelik levha perde duvar panellerin yapının ağırlığını %18 daha hafiflettiği görülmüştür (URL-135, 2018).</p> <p>*Hafif çelik panel, yapılış sistemi bakımıyla ahşaba benzemektedir. Hafif çelik paneller, ahşap malzemeye göre %60 hafiftir (Terim, 2006). Kullanımı yaygın olan iki tarafı alçı panel ile kaplanmış, profillerinin arasında yalıtım katmanı bulunan, 10 cm kalınlığında hafif çelik çerçeve sistemin ağırlığı 35-45 kg/m²'dir (URL-136, 2018).</p> <p>*Çelik sandviç paneller hafif malzemelerdir. 10 cm kalınlığında, çelik sacları 4'er mm olan bir çelik sandviç panel 10-11 kg/m² ağırlığındadır (URL-134, 2018).</p>	
<p>7) Kat Sınırlaması</p> 	<p>*Çelik levha perde duvar paneli, yüksek katlı konutlar için uygundur ve özellikle deprem performansı nedeniyle geleceğin malzemesi olarak görülmektedir (Qian ve Astaneh-Asl, 2016).</p> <p>*Hafif çelik çerçeve paneller ile 3-4 kata kadar konutlar üretilmektedir. Bu panellerin hibrit sistem içerisinde kullanımı, yüksek katlı konut yapımına olanak sağlamaktadır (Terim, 2006).</p> <p>*Çelik sandviç panellerin strüktürel olarak kullanımı yaygın değildir. Bu panellerin strüktürel olarak kullanımı durumunda tek katlı konutlar üretilmektedir (URL-134, 2018).</p>	
<p>8) Döşemede Geçilebilen Açıklık</p> 	<p>Çelik çerçeve paneller ile 14 metreye kadar açıklık geçmek mümkündür (Staib vd., 2008).</p>	<p>Çelik çerçeve sistemle geçilebilen açıklığın yanı sıra, tek katlı konut üretilen çelik sandviç paneller ile de 6 metre açıklık geçilebilmektedir (URL-134, 2018).</p>

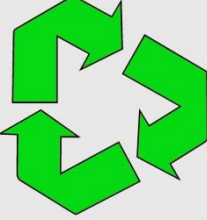
Tablo 27'nin devamı

<p>9) Tasarım Esnekliği</p> 	<p>Çelik malzemenin yapısı nedeniyle yapı elemanlarına dairesel şekiller verilebilmektedir ve bu da tasarım esnekliği için olumludur ancak büyük boy panellerin boyutları, modüler koordinasyon açısından tasarım kısıtlılıkları yaratmaktadır.</p>	<p>Küçük ve orta boy çelik paneller tasarım esnekliği açısından daha uygundur ve dairesel planlı çözümler için de kullanılabilirler.</p>
<p>10) Yüzey Özelliği</p> 	<p>Hafif çelik çerçeve panellerin ve çelik levha perde duvar panellerin yüzeyleri çeşitli malzemeler ile kaplanabilir. Estetik açıdan birçok seçenek sunan kaplamaların yüküne mühendislik hesaplarında dikkat edilmelidir.</p>	<p>Hafif çelik çerçeve paneller ve çelik levha perde duvar panellerin büyük boy uygulamalarında kullanılan yüzey uygulamaları küçük boy panellerde de geçerlidir. Çelik sandwich panellerin yüzeylerine ek kaplama uygulanmamaktadır ancak çeşitli renk seçenekleri mevcuttur. Küçük boy panellerin büyük boy panellere oranla daha fazla birleşim noktası bulundurması tasarım aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır.</p>
<p>11) Nakliye</p> 	<p>Büyük boy çelik paneller kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilmektedir. Nakliye boyut sınırlılıkları için Bkz. Tablo 22 kriter 11'e bakınız.</p> <p>Bu sistem elemanları için belirlenen ekonomik nakliye uzaklığı 300 km'dir ancak panelin prefabriklik derecesine göre bu mesafe 1000 km'ye kadar çıkabilmektedir (Staib vd., 2008).</p>	<p>Küçük boy çelik paneller boyutlarının elverişli olması nedeniyle nakliyat için belirlenen boyut sınırlılıkları açısından problem göstermemektedir. Bu paneller üretildiği alandan şantiye alanına kara, deniz, demir ve hava yolu ile götürülebilmektedir.</p>
<p>12) Montaj Araçları</p> 	<p>Çelik paneller diğer yapı malzemeleri ile üretilen panellerden (beton panel, ahşap panel vb.) daha hafiftir. Çerçeve paneller basit araçlarla taşınabilir ancak bu elemanların boyutları ve ağırlıkları nedeniyle yüksek kapasiteli kaldırma ve çeşitli montaj araçları gerekebilir.</p>	<p>Boyutlarının ve ağırlığının elverişli olması nedeniyle basit araçlar veya insan gücü ile taşınır, basit ve düşük maliyetli montaj araçları ile monte edilebilmektedir.</p>
<p>13) İşçilik</p> 	<p>Elemanların boyutlarının büyüklüğü ve prefabriklik derecesinin yüksek olabilmesi nedeniyle işçilik gereksinimi düşüktür.</p>	<p>Elemanların boyutlarının büyük boy panellere göre küçük olması nedeniyle büyük boy çelik panellere göre işçilik gereksinimi yüksektir.</p>

Tablo 27'nin devamı

<p>14) Prefabriklik Derecesi</p> 	<p>Doğramaları, kaplamaları ve tesisatı içinde olacak şekilde yüksek derecede prefabrike üretime uygundur.</p>	<p>Doğramaları, kaplamaları ve tesisatı içinde olacak şekilde üretilebilir ancak sistemin bileşen sayısından dolayı büyük panellere oranla prefabriklik derecesi düşüktür.</p>
<p>15) Isı Yalıtımı</p> 	<p>Çelik, ısı iletkenliği oldukça yüksek bir malzemedir. Bu nedenle çelik panel sistemler için ek önlemler gerekmektedir.</p> <p>*Çelik levha perde duvar panelinin bünyesinde ısı yalıtım katmanı bulunmamaktadır. Gerekli durumlarda ek katman olarak eklenmelidir.</p> <p>*Hafif çelik çerçeve sistemlerde ısı yalıtımı genellikle profillerin arasına konulmaktadır. Hafif çelik malzemenin ısı geçirgenlik kat sayısı yüksektir. Bu nedenle ısı geçirimine karşı panellerde ısı yalıtımının konumu doğru detaylandırılmalıdır (Terim, 2006).</p> <p>*Çelik sandviç panellerin ısı yalıtım kapasitesi, bünyesinde bulunan ısı yalıtım malzemesine bağlıdır. Bünyesinde yün veya köpük esaslı yalıtım malzemeleri (taş yünü, EPS vb.) kullanılabilen çelik sandviç paneller ile iyi derece ısı yalıtımı sağlanabilmektedir (URL-134, 2018).</p>	
<p>16) Ses Yalıtımı</p> 	<p>Çelik panellerin kalınlığı ve katmanları artırılarak, boşluklu katman oluşturularak ve ses yutucu katman eklenerek iyi derecede ses yalıtımı sağlanabilmektedir. Örneğin çift tarafı alçı panel ile kaplanmış, profillerinin arasında ısı yalıtımı bulunan 10 cm'lik hafif çelik çerçeve panelin ses yalıtım endeksi 40-54 desibel iken alçı panel katmanları ikişer katman uygulandığı zaman bu endeks 47-60 desibele çıkmaktadır (URL-136, 2018).</p>	
<p>17) Yangın Güvenliği</p> 	<p>Çelik, yapısı dolayısıyla yangına dayanıksız bir malzemedir. Çelik duvar panellerinin yangına belirli bir süre direnç göstermesi ve yayılmasını önleyici bariyer görevi görmesi için ek katmanlar ile (alçı panel ve taş yünü yalıtım gibi) önlemler alınmalıdır (Ariyanayagam, 2013). Gerekli katmanların kullanılması ile birlikte çelik panellerin yangın direnci 30 dakika ile 120 dakika süresinde değişebilmektedir. Örneğin iki tarafı birer tane alçı panel ile kaplanmış hafif çelik çerçeve panelin yangın direnci 30 dakika iken iki tarafı çift alçı panel ile kaplanmış bir hafif çelik çerçeve panelin yangın direnci 60 ile 90 dakikaya kadar çıkabilmektedir (URL-136, 2018). Çelik sandviç panellerin yangın direnci ise bünyesinde kullanılan yalıtım malzemesine bağlıdır. Katmanlarına bağlı olarak çelik sandviç panelin yangın direnci 15 dakika ile 120 dakika arasında değişmektedir (URL-134, 2018).</p>	



Tablo 27'nin devamı

<p>18) Sürdürülebilirlik</p> 	<p>Çelik panel sistemlerin sürdürülebilirliğe katkıları (URL-137, 2018):</p> <ul style="list-style-type: none"> *Çelik malzemesinin sürdürülebilirliğe katkısı için Tablo 24 kriter 18'e bakınız. *Çelik paneller geri dönüştürülmüş çelik malzemeden üretilmektedir. *Çelik panel yapımında ve montajında, rasyonel malzeme kullanımı ve kalıp gerektirmemesi ile minimum seviyede atık ve sarfiyat oluşmaktadır. *Çelik paneller etkin enerji kullanımı (ısı yalıtımı vb.) sayesinde enerji tasarrufu sağlamaktadır. *Çelik panel sistem elemanları, uygun detay çözümleri ile sökülerek tekrar kullanılabilir. *Çelik panel sistem, hızlı kurulum ile şantiye alanında oluşan gürültü ve kirliliği en az seviyeye indirmektedir.
---	---

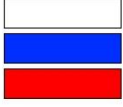
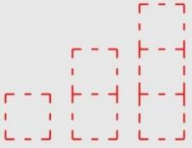
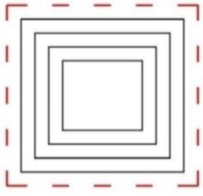
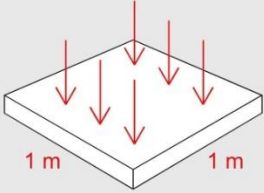
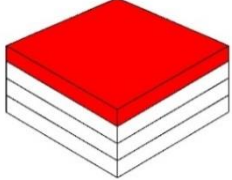
2.2.2.7. Beton Hücre Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi

Konut üretiminde kullanılan prefabrike beton hücre sistemler (PBHS) strüktürel kurgularına göre iskelet sistemli ve panel sistemli prefabrike beton hücre sistemler olmak üzere 2 başlık altında sınıflandırılmıştır ve belirlenen kriterlere göre Tablo 28'de analiz edilmiştir:

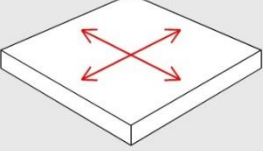

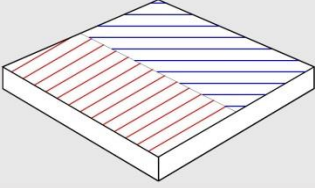


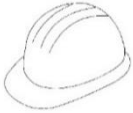
Tablo 28. Prefabrike beton hücre sistemlerin (PBHS) konut üretiminde kullanımının analizi

Sistemler	İskelet Sistemli PBHS	Panel Sistemli PBHS
<p>Kriterler</p>		
<p>1) Elemanın Üretim Yeri</p> 	<p>*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamında)</p>	<p>*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamında)</p>
<p>2) Eleman Tipi</p> 	<p>*Yaşam mekanı modülü (konutların odaları ve ıslak hacimleri, hücre şeklinde üretilmektedir)</p> <p>*Çatı modülü</p> <p>*Çekirdek modülü (konutların merdiven ve asansör hacimleri hücre şeklinde üretilmektedir)</p>	<p>*Yaşam mekanı modülü (konutların odaları ve ıslak hacimleri, hücre şeklinde üretilmektedir)</p> <p>*Çatı modülü</p> <p>*Çekirdek modülü (konutların merdiven ve asansör hacimleri hücre şeklinde üretilmektedir)</p>


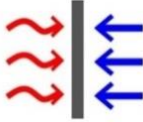



Tablo 28'in devamı

<p>3) Malzeme</p> 	<p>*Betonarme *Art gerilmeli beton</p>	<p>*Betonarme</p>
<p>4) Yaygın Modüler Boyut</p> 	<p>Beton hücrelerin yaygın kullanılan modüler boyutu bulunmamaktadır. Hücreler kalıplar aracılığıyla üretildiği için üreticinin elinde bulunan kalıp boyutları önem kazanmaktadır. Limitler göz önüne alınarak istenilen boyutlarda üretilen hücrelerin maliyet ve üretim sürecini artırmamak için üretici firmalar ile irtibata geçilip mevcut kalıplar boyutunda tasarım yapmak gerekmektedir (Lawson vd., 2014).</p>	
<p>5) Boyut Sınırlaması</p> 	<p>Beton hücrelerin boyut sınırlarını belirleyen kriterler; nakliye, vinç kapasiteleri ve üretim koşullarıdır. Bu kriterler diğer hücre sistemlerde de boyutu sınırlamaktadır ancak beton hücrelerde diğerlerinden ayrı olarak ağırlık kriteri ön plana çıkmaktadır. 70 tona kadar çıkabilen beton hücreler 18 metreye kadar üretilirler ancak hücrelerin taşınması, montajı ve binanın ölü yüküne etkisi dolayısıyla boyutları çok fazla büyüyememektedir (Smith, 2010).</p>	
<p>6) Ağırlık</p> 	<p>Prefabrike beton hücrelerin yaygın olarak kullanılmasının önüne geçen en önemli nedenlerden biri ağırlığıdır. Beton hücrelerin ağırlığı taşıyıcı sistemine ve prefabriklik derecesine göre değişebilmektedir.</p> <p>*Standart bir iskelet sistemli prefabrike beton hücrenin ağırlığı yaklaşık olarak 320-450 kg/m² arasındadır. Örneğin standart bir beton iskelet sistemli 53 m² hücrenin ağırlığı 24.000 kg'dır (450 kg/m²) (Gispert, 2016).</p> <p>*Standart bir panel sistemli prefabrike beton hücrenin ağırlığı yaklaşık olarak 750-1100 kg/m² arasındadır. Örneğin standart bir beton panel sistemli 52 m² hücrenin ağırlığı 45.000 kg'dır (865 kg/m²) (Gispert, 2016).</p> <p>Beton hücre sistemlerin ağırlığı en genel özellikleri ile 20 t ile 70 t arasında değişiklik göstermektedir (Smith, 2010) (Staib vd., 2008).</p>	
<p>7) Kat Sınırlaması</p> 	<p>Beton hücreler yaygın olarak diğer strüktürel elemanlarla birlikte kullanılarak konutlar üretilmektedir. Beton hücreler ile diğer strüktürel elemanları kullanmadan üretilen konutların kat yükseklikleri 5 veya 6 kat ile sınırlıdır (Lawson vd., 2014). Beton hücre sistemler, hibrit yapı düzeni içinde kullanılarak 20 ve üstü katlara kadar konutlar üretmek mümkündür (Smith, 2010).</p>	

Tablo 28'in devamı

<p>8) Döşemede Geçilebilen Açıklık</p> 	<p>Prefabrike beton hücrelerin döşemede geçilebilen açıklıkları, taşıyıcı sistem kesit kalınlığı, yük direnci ve beton sınıfına bağlı olarak değişmektedir. Plak döşeme ile 5 m açıklık geçilebilirken, nervürlü döşeme ile 12 m'ye kadar açıklıklar geçilebilmektedir (Lawson vd., 2014; Sezer, 2015). Ancak bu hücrelerin genişlikleri, özellikle nakliye konusunda sorunlar çıkarmaktadır. Bu nedenle beton hücre sistemler ile daha geniş açıklıklı yapılar için açık beton hücre tipinin yan yana dizilmesi gerekmektedir. Bu diziliminde yan yana gelen hücre sayısı kat yüksekliği arttıkça azalmaktadır (Smith, 2010).</p>
<p>9) Tasarım Esnekliği</p> 	<p>Beton hücreler ile rasyonel yapım süreci için, mevcut kalıpların kullanılması amacıyla boyut standardı, yüksek kapasiteli montaj ekipmanı, yapının stabilitesi için iyi çözülmüş detaylar ve yapının ölü yükünü mümkün olduğunca azaltmak gerekmektedir. Tüm bu yapım süreci önceden planlanmalıdır ve çözümler sunulmalıdır. Bu çözümlere cevap aranan tasarımda her hücre, yapının bir parçasını oluşturmaktadır ve esneklikten uzak değişmez bir bütün olarak nitelendirilmektedir.</p>
<p>10) Yüzey Özelliği</p> 	<p>Prefabrike beton, genellikle yüksek kaliteli yüzey özelliği ile üretilmektedir. Bunun nedeni yüksek kaliteli kalıplar, kendiliğinden yerleşen beton (Self-Compacting Concrete - SCC) kullanımı ve iyi işçiliktir. Prefabrike beton hücreler, üretildikten sonra yüzeylerinin belirli standartta olması gerekmektedir. Bu standartta göre beton hücreler, herhangi bir kaplama ve sıva gerektirmemektedir (Lawson vd., 2014).</p> <p>Prefabrike beton hücreler, çeşitli kaplama malzemeleri ile kaplanabilir, alçı sıva, sıva ve boya uygulaması yapılabilir. Ancak prefabrike beton hücrelerin monolitik dökümünden dolayı, diğer prefabrik beton ürünlere göre uygun kaplama malzemesi daha azdır (Lawson vd., 2014).</p>
<p>11) Nakliye</p> 	<p>Prefabrike beton hücreler kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilmektedir. Nakliye sınırlılıkları hücre üretimini şekillendirmektedir. Diğer malzemeler ile üretilen hücrelere kıyasla beton hücre sistem daha ağır olduğu için nakliye konusu ağırlık açısından da ayrı bir önem kazanmaktadır.</p> <p>Hücreler, şantiye alanı dışında üretildiği için ağırlık ve boyut açısından nakliye kurallarına uygun olarak üretilmek zorundadır. Nakliye standartları konusunda detaylı bilgi için Tablo 22 kriter 11'e bakınız.</p>
<p>12) Montaj Araçları</p> 	<p>Prefabrike beton hücreler, inşaat yapımında kullanılan en ağır yapı elemanlarından biridir. Bu ağırlık nedeniyle montaj aşamasında hücrenin taşınması, bu yapım sisteminin başlıca zorluklarından biridir. Bu hücreler şantiye alanına geldiğinde, montaj aşamasına gelinceye kadar, depolanacak alan gerektirir. Hücrelerin montajı için yüksek kapasiteli mobil vinç ve köprü vinçler kullanılmaktadır. Vinçlerin kapasitesi ve şantiye alanındaki çalışma durumuna göre günde 6 ile 10 adet hücre montajı gerçekleştirilmektedir (Lawson vd., 2014; Staib vd., 2008).</p>
<p>13) İşçilik</p> 	<p>Prefabrike beton hücreler, prefabrike derecesi oldukça yüksek yapı elemanlarıdır. Bu elemanların işçiliği, diğer elemanlara (iskelet ve panel sistemler) göre düşüktür. Bunun ana nedeni, şantiye alanında ki düşük işçilik gereksinimidir. Ancak prefabrike beton hücreler, fabrika alanında ki işçilik oranı en yüksek yapı elemanlarından biridir (Sey ve Tapan, 1987).</p>



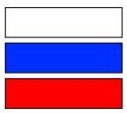

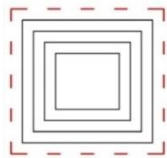
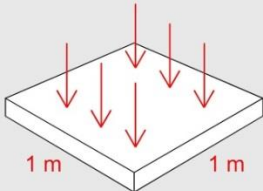
Tablo 28'in devamı

<p>14) Prefabriklik Derecesi</p> 	<p>Prefabrike beton hücreler kaplama gerektirmemektedir ancak yalıtımları, tesisat donanımları, doğramaları ve kaplamaları (isteğe bağlı) üretim alanında yapılarak yüksek prefabriklik derecesinde üretilerek şantiye alanına getirilebilmektedir (Lawson vd., 2014).</p>
<p>15) Isı Yalıtımı</p> 	<p>Prefabrike beton hücreler ile üretim esnasında beton bloğun içine veya üretimden sonra hücrenin dış tarafına ısı yalıtım katmanı eklenerek yüksek seviyede ısı yalıtımı sağlanabilmektedir (Lawson vd., 2014).</p>
<p>16) Ses Yalıtımı</p> 	<p>Beton hücreler, yüksek kütleleri nedeniyle yayılan ses dalgalarının yalıtımında oldukça etkilidir. Kütlelerinin yetmediği durumlarda (darbe ile çıkan ses vb.), ek katmanlar ile önlemler alınarak etkili ses yalıtımı sağlanmaktadır. Beton hücreler ile kaplama yapılmadan yaklaşık 45 dB (desibel), alçı levha kaplama yapılarak 51 dB gürültü azaltımı yapmak mümkündür. Bunun yanı sıra çift duvar ve ek ses yalıtım katmanları kullanmak da mümkündür (Lawson vd., 2014).</p>
<p>17) Yangın Güvenliği</p> 	<p>Prefabrike beton hücre sistemlerin duvarlarının kesit kalınlığı artırılarak yüksek seviyede yangın güvenliği sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra duvarlara ek yangın önleyici kaplamalar uygulanarak yangın direncinin süresi 120 dakikaya kadar çıkarılabilmektedir (Lawson vd., 2014).</p>
<p>18) Sürdürülebilirlik</p> 	<p>Beton hücre sistemlerin sürdürülebilirliğe katkıları:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Beton hücreler etkin enerji (iyi derece yalıtım sağlama, yapım aşamasında kullanılan enerjiyi azaltma vb.) kullanılabilir yapısı nedeniyle CO₂ emisyonuna olumlu katkı sağlamaktadır. *Beton hücreler, şantiye alanındaki işi minimuma indirerek, orada oluşan atığı ve kirliliği azaltmaktadır. * Prefabrike beton hücreler, uzun ömürlü yapı elemanlarıdır.

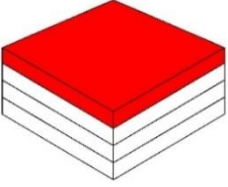
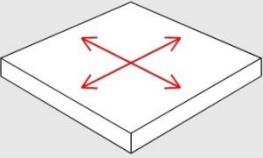

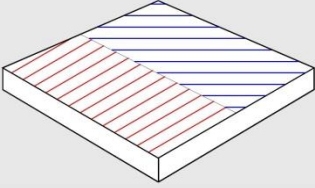
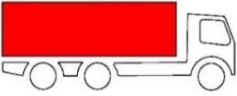

2.2.2.8. Ahşap Hücre Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi

Konut üretiminde kullanılan prefabrike ahşap hücre sistemler (PAHS) strüktürel kurgularına göre iskelet sistemli ve panel sistemli prefabrike ahşap hücre sistemler olmak üzere 2 başlık altında sınıflandırılmıştır ve belirlenen kriterlere göre Tablo 29'da analiz edilmiştir:



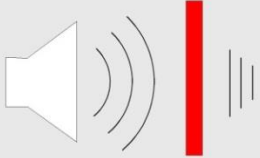


Tablo 29. Prefabrike ahşap hücre sistemlerin (PAHS) konut üretiminde kullanımının analizi

Sistemler	İskelet Sistemli PAHS	Panel Sistemli PAHS
Kriterler		
1) Elemanın Üretim Yeri 	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamında)	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamında)
2) Eleman Tipi 	*Yaşam mekanı modülü (konutların odaları ve ıslak hacimleri, hücre şeklinde üretilebilmektedir) *Çatı modülü	*Yaşam mekanı modülü (konutların odaları ve ıslak hacimleri, hücre şeklinde üretilebilmektedir) *Çatı modülü
3) Malzeme 	* Doğal ahşap * Yapay ahşap (Lamine ahşap dikmeler)	* Doğal ahşap * Yapay ahşap (Çapraz lamine ahşap panel ve strüktürel yalıtımlı ahşap panel)
4) Yaygın Modüller Boyut 	Hücreler, seri olarak üretilmek yerine projeden projeye farklılaştıkları için, kullanılan proje içinde modülerlik göstermektedir. Ancak yaşam mekanı modüllerinde en sık kullanılan boyutlar 3 x 8 x 3,2 m'dir (genişlik x uzunluk x yükseklik) (Staib vd., 2008).	
5) Boyut Sınırlaması 	Ahşap hücrelerin boyutları karayolu taşımacılığının kısıtlamalarına bağlıdır. Bu hücrelerin maksimum boyutları 6 x 20 x 3,7 m'dir (genişlik x uzunluk x yükseklik) (Staib vd., 2008).	
6) Ağırlık 	Prefabrike ahşap hücrelerin ağırlıkları, taşıyıcı sisteme, prefabriklik derecelerine ve bitirme malzemelerine göre değişebilmektedir. *Yüksek prefabrik derecesinde iskelet sistemli prefabrike ahşap hücrelerin ağırlıkları yaklaşık olarak 350 kg/m ² 'dir. Örneğin bitirme işleri yapılmış ahşap çerçeve sistemli 31 m ² hücrenin ağırlığı 10850 kg'dır (350 kg/m ²) (Gispert, 2016). * Yüksek prefabrik derecede panel sistemli prefabrike ahşap hücrelerin ağırlıkları yaklaşık olarak 350-400 kg/m ² arasındadır. Örneğin bitirme işleri yapılmış ahşap panel sistemli 52 m ² hücrenin ağırlığı 20700 kg'dır (398 kg/m ²) (Gispert, 2016).	

Tablo 29'un devamı

<p>7) Kat Sınırlaması</p> 	<p>Ahşap hücreler ile üretilen konutların izin verilen toplam kat sayısı, yangından korunma ve yapısal kısıtlamalardan dolayı üç kata kadar sınırlanmıştır. Üç kattan daha yüksek konutlar için, strüktürel olmayan ahşap hücreler, yük taşıyan çelik veya betonarme çerçeve yapılara yerleştirilmektedir (Staib vd., 2008 ; Smith, 2010).</p> <p>Not: Endüstriyel ahşaplar yangın dayanımı ve yük taşıma kapasitesi yüksek malzemelerdir. Bu malzeme ile üretilen ahşap hücreler, uygun detay çözümleri ve mühendislik hesapları ile birlikte çok katlı konut yapımına olanak tanıyabilmektedir.</p>
<p>8) Döşemede Geçilebilirlik Açıklık</p> 	<p>Prefabrike ahşap hücre sistemlerin en büyük dezavantajlarından biri oda büyüklüklerinde esneklik olmamasıdır. Ahşap hücrelerin genişlikleri en fazla 6 m olabilmektedir ve daha geniş açıklıklar istenildiğinde, geçilen açıklıklar birkaç hücrenin yan yana gelmesi ile sınırlı kalmaktadır (Smith, 2010).</p>
<p>9) Tasarım Esnekliği</p> 	<p>Ahşap hücre sistemler, yapım mantığı ve modüler koordinasyon içinde üretimi açısından tasarım esnekliğinden uzak bir sistemdir. Ancak iskelet sistemli prefabrike ahşap hücrelerin açık ve kısmen açık hücre yapımına olasılık tanınması, panel sistemli prefabrike ahşap hücrelere oranla onları daha olumlu hale getirmektedir. Her iki strüktürel sistemli hücre de açısız form ile üretime elverişlidir (Sezer, 2015).</p>
<p>10) Yüze Özelliği</p> 	<p>İskelet sistemli prefabrike ahşap paneller, yüzey kaplamaları açısından ahşap çerçeve paneller ile aynı yapıya sahiptir. Bu hücrelerin stabilitesini sağlamak amacıyla duvar yüzeyleri ahşap esaslı kaplama levhaları ve alçı panel ile kaplandıktan sonra yüzey uygulamaları yapılmaktadır. Bu hücreler genel olarak, iç duvarları işlem için hazır halde, dış duvarları çeşitli kaplamalar ile bitmiş şekilde teslim edilmektedir (URL-138, 2018).</p> <p>Panel sistemli prefabrike ahşap hücreler, yüzey kaplamaları açısından masif ahşap paneller ile aynı yapıya sahiptir. Çeşitli kaplamalar ile kaplanabilen panellerin iç duvarları, doğal ahşap görüntüsü olacak şekilde işlem yapmadan bırakılabilmektedir (URL-138, 2018).</p>
<p>11) Nakliye</p> 	<p>Prefabrike ahşap hücreler kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilmektedir (Hücrelerin taşınması hakkında ayrıntılı bilgi için Tablo 22 kriter 11'e bakınız).</p>
<p>12) Montaj Araçları</p> 	<p>Prefabrike ahşap hücre elemanların boyutları ve ağırlıkları fazladır. Bu nedenle yapım aşamasında yüksek kapasiteli vinçler ile çeşitli montaj araçları kullanılmaktadır.</p>



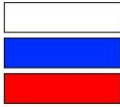
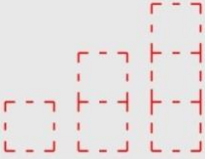
Tablo 29'un devamı

<p>13) İşçilik</p> 	<p>Elemanların prefabriklik derecesinin oldukça yüksek olmasından dolayı işçilik gereksinimi minimuma inmektedir. Bu tür hücrelerle çok kısa sürede konutlar tamamlanmaktadır.</p>
<p>14) Prefabriklik Derecesi</p> 	<p>Hücre sistemler, prefabriklik derecesi en yüksek olan yapı elemanlarıdır. Bitmişlik derecesi %95'e kadar çıkabilmektedir. Ahşap hücre sistemler de bu derece bitmiş olarak üretime olanak tanımaktadır ve şantiye alanına bitirme işleri (iç donanım, tesisat, kaplama vb.) yapılarak getirilebilmektedir (Staib vd., 2008).</p>
<p>15) Isı Yalıtımı</p> 	<p>Prefabrike ahşap hücrelere uygulanan ısı yalıtımı, strüktürel olarak oluştuğu yapı elemanına uygulanan ısı yalıtımına benzerlik göstermektedir. İskelet sistemli prefabrike ahşap hücrelerde yalıtım dikmelerin arasına uygulanırken, panel sistemli prefabrike ahşap hücrelerde panellerin yüzeylerine uygulanmaktadır. Her iki sistemde de gerekli durumlarda konstrüksiyona ek olarak ısı yalıtımı uygulanabilmektedir (Staib vd., 2008).</p>
<p>16) Ses Yalıtımı</p> 	<p>Prefabrike ahşap hücrelere ses yalıtım katmanı eklenerek ve katmanlar arasında sesin yayılmasını engelleyecek detaylar çözülerek iyi derecede ses yalıtımı sağlanabilmektedir. Bunun yanı sıra bölücü elemanların yoğunluğu artırılarak ve titreşimi emici kaplamalar kullanarak ses yalıtım önlemi artırılabilir (Staib vd., 2008).</p>
<p>17) Yangın Güvenliği</p> 	<p>Ahşap hücrelere alçı panel, termal dayanımlı bariyer, yangın dayanımlı kaplama uygulayarak veya hücre bölücülerinin kesit kalınlığı artırılarak yangın dayanım süresi uzatılabilir. Ancak ahşap hücre ile yapılan konutlar yangına dayanıklı olarak nitelendirilmemektedir. Bu nedenle bu yapı elemanı ile üretilen konutlara, 3 kat yüksekliğe kadar izin verilmektedir (Sezer, 2015; Staib vd., 2008 ; URL-139, 2018).</p>
<p>18) Sürdürülebilirlik</p> 	<p>Ahşap hücre sistemlerin sürdürülebilirliğe katkıları (Sezer, 2015):</p> <ul style="list-style-type: none"> *Ahşap yapısı gereği ekolojik bir malzemedir (Bkz. Tablo 23 kriter 18). *Ahşap hücre yapımında malzeme kullanımı rasyoneldir ve en az seviyede atık oluşmaktadır. *Ahşap hücreler, doğru detay çözümleri ile demonte olarak inşa edilebilir ve tekrar kullanılabilirler. Ayrıca yıkım sırasında oluşan çevreye zararın bu tür tasarım ile önüne geçilmektedir. *Şantiye alanında oluşan kirlilik ve zehirli gaz salınımı minimuma inmektedir.

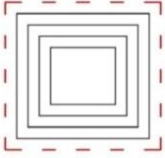
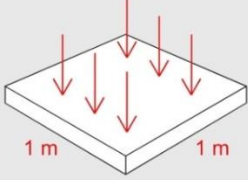
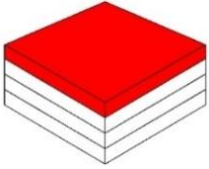
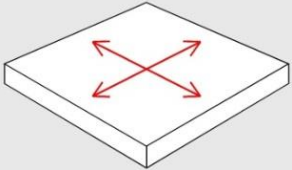
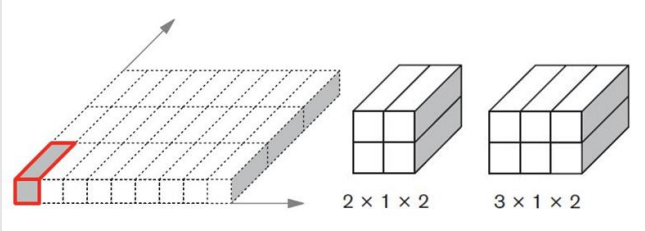
2.2.2.9. Çelik Hücre Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Analizi

Konut üretiminde kullanılan prefabrike çelik hücre sistemler (PÇHS) strüktürel kurgularına göre iskelet sistemli ve panel sistemli prefabrike çelik hücre sistemler olmak üzere 2 başlık altında sınıflandırılmıştır ve belirlenen kriterlere göre Tablo 30’da analiz edilmiştir:


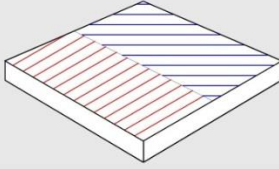
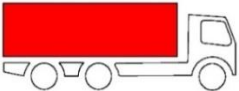

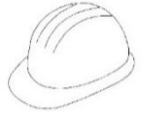

Tablo 30. Prefabrike çelik hücre sistemlerin (PÇHS) konut üretiminde kullanımının analizi

Sistemler	İskelet Sistemli PÇHS	Panel Sistemli PÇHS
Kriterler		
1) Elemanın Üretim Yeri 	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamında)	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamında)
2) Eleman Tipi 	*Yaşam mekanı modülü (konutların odaları ve ıslak hacimleri, hücre şeklinde üretilebilmektedir) *Çatı modülü *Çekirdek modülü (konutların merdiven ve asansör hacimleri hücre şeklinde üretilebilmektedir)	*Yaşam mekanı modülü (konutların odaları ve ıslak hacimleri, hücre şeklinde üretilebilmektedir) *Çatı modülü *Çekirdek modülü (konutların merdiven ve asansör hacimleri hücre şeklinde üretilebilmektedir)
3) Malzeme 	*Sıcak hadde çeliği *Soğuk hadde çeliği (Sezer, 2015)	*Sıcak hadde çeliği *Soğuk hadde çeliği (Sezer, 2015)
4) Yaygın Modüler Boyut 	Hücrelerin boyutu projeler için özelleştirilebilmektedir. Bu sınıfta yaygın kullanılan hücre türü olan konteynırlar, genel olarak 2.44x6.09x2.60 m ve 2.44x12.19x2.60 m (genişlik x uzunluk x yükseklik) boyutlarda üretilmektedir (Knaack vd., 2012).	Hücreler, seri olarak üretilmek yerine projeden projeye farklılaşmaktadırlar. Yaşam mekanı hücrelerinde yaygın olarak 3m (genişlik) ve 8 m (uzunluk) boyutları kullanılmaktadır (Staib vd., 2008).

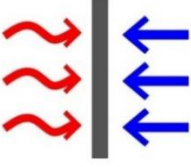



Tablo 30'un devamı

<p>5) Boyut Sınırlaması</p> 	<p>Çelik hücrelerin maksimum boyutları 6 x 20 m'dir (genişlik x uzunluk). Hücrelerin yükseklikleri 3,2 m ile 3,7 m arasında değişiklik göstermektedir. Çelik hücrelerin boyut kısıtlamasında öne çıkan faktör, diğer hücrelerde olduğu gibi, nakliye dir (Staib vd., 2008).</p>
<p>6) Ağırlık</p> 	<p>Prefabrike çelik hücrelerin ağırlıkları, taşıyıcı sisteme, prefabriklik derecelerine ve eğer yüksek prefabrike derecedeysen kullanılan bitirme malzemelerine göre değişebilmektedir.</p> <p>*Standart bir iskelet sistemli prefabrike çelik hücrenin ağırlığı yaklaşık olarak 150-300 kg/m² arasındadır. Örneğin standart bir çelik iskelet sistemli 30 m² hücrenin ağırlığı 8300 kg'dır (276 kg/m²) (Gispert, 2016).</p> <p>*Standart bir panel sistemli prefabrike çelik hücrenin ağırlığı yaklaşık olarak 200-350 kg/m² arasındadır. Örneğin standart bir çelik çerçeve sistemli 39 m² hücrenin ağırlığı 13650 kg'dır (350 kg/m²) (Gispert, 2016).</p> <p>Çelik hücre sistemler, hafif modüller olarak nitelendirilmektedir. Bu özelliği, nakliye konusunda avantaj sağlamaktadır (Staib vd., 2008).</p>
<p>7) Kat Sınırlaması</p> 	<p>Çelik hücreler ile, hücrenin taşıyıcı kurgusuna bağlı olmak şartıyla, 6 kata kadar konut üretilebilmektedir. (Staib vd., 2008 ; Smith, 2010). İskelet sistemli prefabrike çelik hücrelerin stabilitesi düşük olduğu için genellikle 3 kat yüksekliğe kadar konutlar yapılmaktadır. Ancak çapraz çelik elemanlarla desteklenerek bu sayı artırılabilir (Lawson vd., 2014).</p>
<p>8) Döşemede Geçilebilen Açıklık</p> 	<p>Prefabrike çelik hücrelerin uzun kenarları 20 m olabilmektedir. Geniş mekanlar için açık veya kısmen açık çelik hücrelerin yan yana dizilerek bir hacim oluşturması gerekmektedir. Fakat yan yana dizilen taşıyıcısız hücre sayısı, kat yüksekliğine ve hücre boyutuna bağlı olmaktadır. Tek katlı çelik hücreler yan yana sınırsız olarak dizilebilmektedir ancak 2 ve daha fazla katlı konutlarda yan yana 3 sıra dizilerek bir mekan oluşturabilmektedirler (Şekil 111) (Knaack vd., 2012).</p>  <p>Şekil 111. Kat oluşum anlatımı (Knaack vd., 2012)</p>

Tablo 30'un devamı

<p>9) Tasarım Esnekliği</p> 	<p>Çelik hücreler, yapım mantığı ve modüler koordinasyon içinde üretimi açısından tasarım esnekliğinden uzak bir sistemdir. Hücrelerin boyutları ve mekan gereksinimleri tasarımcıları kısıtlayabilmektedir. Her iki strüktürel sistemli çelik hücre de açısız form ile üretime elverişlidir.</p>	
<p>10) Yüzey Özelliği</p> 	<p>Bu tür hücre sistemlerin taşıyıcılarının arası genellikle dolgu duvar panelleri veya levhaları ile kapatılmaktadır. Çoğunlukla bu panel veya levhalara ek kaplama yapılmaktadır. İstenilen durumlarda kendinden destekli tuğla kaplama veya hafif kaplama malzemeleri kullanılabilir.</p>	<p>Bu hücre tipi ahşap levha, kompozit kaplama levhaları vb. birçok kaplama malzemesi ile kaplanabilir. Kendinden destekli ya da taşıyıcıya bağlanan tuğlalar ile de kaplanabilmektedir (Lawson vd., 1999).</p>
<p>11) Nakliye</p> 	<p>Prefabrike çelik hücreler kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilmektedir (Hücrelerin taşınması hakkında ayrıntılı bilgi için Tablo 22 kriter 11'e bakınız).</p>	
<p>12) Montaj Araçları</p> 	<p>Prefabrike çelik hücreler, hücre elemanları içinde hafif olarak nitelendirilmesine rağmen, elemanların boyutları ve ağırlıkları fazladır. Bu hücreler ile yapım aşamasında vinçler, forkliftler ve çeşitli montaj araçları kullanılmaktadır (Knaack vd., 2012).</p>	
<p>13) İşçilik</p> 	<p>Elemanların prefabriklik derecesinin oldukça yüksek olmasından dolayı işçilik gereksinimi minimuma inmektedir. Bu tür hücreler ile çok kısa sürede yapılar tamamlanmaktadır.</p>	
<p>14) Prefabriklik Derecesi</p> 	<p>Prefabrike çelik hücre sistemler, yalıtımları, iç ve dış kaplamaları yapılmış, doğramaları ve servis elemanları (tesisat elemanları) monte edilmiş şekilde şantiye alanına getirilebilmektedir. Bu hücre sistemi, yüksek prefabriklik derecesine sahiptir (Smith, 2010). Fakat çelik hücre türlerinden biri olan konteynırlar bu duruma uymamaktadır. Geri dönüşüm için alınan kullanılmış konteynırlar, şantiye alanında ya da atölyelerde işlemlerden geçmektedir (bölücü ekleme, yalıtım yapma vb.).</p>	

Tablo 30'un devamı

<p>15) Isı Yalıtımı</p> 	<p>İskelet sistemli prefabrike çelik hücreler, dolgu duvarlara eklenen yalıtım katmanları ile iyi seviyede ısı yalıtımı sağlayabilmektedir.</p> <p>Bu hücre sisteminin en yaygın kullanılan türü olan konteynırların yalıtım performansı çok düşüktür. Yazın sıcak ve kışın soğuk iç mekan koşullarına sahiptir. Bu tür hücreler, bölücülere ek olarak yalıtım katmanı gerektirmektedir (Islam vd., 2016).</p>	<p>Bu hücre tipi, ekonomik çerçevede ve aşırı kalın bölücüler olmaksızın yüksek derecede ısı yalıtımı sağlayabilmektedir. Bu sistemin yalıtım şekli hafif çelik çerçeve panellere benzemektedir. Yalıtım tabakası çerçevenin üzerine eklenerek ısı köprüsü oluşmamasına dikkat edilmelidir. Bazı özel durumlarda dış yalıtım katmanına ek olarak çerçevelerin arasına da yalıtım konulmaktadır (Lawson vd., 1999).</p>
<p>16) Ses Yalıtımı</p> 	<p>Çelik hücreler, her modülün ayrı tavan döşeme ve duvar bölücüsü olmasından dolayı yüksek derecede ses yalıtımı sağlayabilmektedir. Ayrıca hücrelerin alçı veya OSB gibi iç ve dış kaplamalarının olması ses yalıtımında etkili bir unsurdur. Bu detayların yetmediği durumlarda konstrüksiyonun içinde ses yalıtım katmanı kullanılabilir (Lawson vd., 1999; URL-140, 2018).</p> <p>Not: Tesisat gereçlerinin bulunduğu bölümlere ek yalıtım önlemleri alınması gerekmektedir.</p>	
<p>17) Yangın Güvenliği</p> 	<p>Prefabrike çelik hücreler, alçı levha, çimento yongalı levha veya alçı türevli kaplamalar ile yangın direnci için belirlenen kriterleri karşılamaktadır. Bu kaplamaların tek veya iki kat, ince ya da kalın kullanımına göre yangın direnci 30dk ile 60 dk arasında değişmektedir (URL-140, 2018).</p> <p>Çelik hücre sistemlerde, konut yapılarında her bir daire ayrı bir yangın bölmesi olarak düşünülmektedir. Yangın direnç süresi, bir daireden diğer dairelere yangının yayılma sürecidir (URL-140, 2018).</p>	
<p>18) Sürdürülebilirlik</p> 	<p>Çelik hücre sistemlerin sürdürülebilirliğe katkıları (URL-140, 2018):</p> <ul style="list-style-type: none"> *Çelik malzemesinin sürdürülebilirliğe katkısı için Tablo 24 kriter 18'e bakınız. *Çelik hücreler ile enerji, etkin olarak kullanılabilir (yalıtım seviyeleri, yapım işlerinde azalma vb.) *Çelik hücrelerin rasyonel yapım sürecine entegrasyonu nedeniyle malzeme atığı minimuma inmektedir. *Çelik hücreler uygun detay çözümleriyle demonte olarak tasarlanabilir ve tekrar tekrar kullanılabilir. *Çelik hücre sistemler ile şantiye alanında oluşan doğayı kirletici atıklar minimum seviyeye inmektedir. 	

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

Konut üretiminde kullanılan prefabrike yapım sistemlerinin incelendiği çalışmada öncelikle literatür çalışması yapılmış, daha sonra konut üretiminde kullanılan prefabrike yapım sistemleri prefabriklik derecesine göre sınıflandırılarak, malzemelerine göre incelenmiştir. Prefabrike iskelet, panel ve hücre yapım sistemlerinin 18 farklı kriterde incelenmeleri sonucunda elde edilen bulgular değerlendirilmiş ve irdelenmiştir.

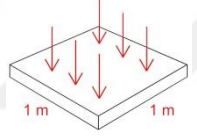
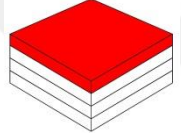
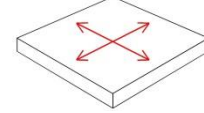

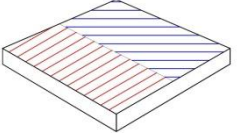
3.1. Prefabrike İskelet Sistemler

Prefabrike iskelet sistemler malzemelerine göre beton, ahşap ve elik sistemler olmak üzere 3 başlık altında sınıflandırılmış ve belirlenen 18 kritere göre analiz edilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen bulgular Tablo 31’de özetlenmiş ve ilgili metinlerde irdelenmiştir:

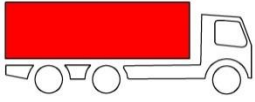

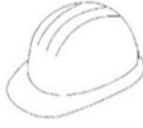

Tablo 31. Prefabrike iskelet sistemler

KRİTERLER		Üretim Yeri	Eleman Tipi	Malzeme	Yaygın Modüler Boyut	Boyut Sınırlaması		
							İSKELET SİSTEMLER	
BETON	KOLON-KİRİŞ SİSTEM	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamı)	*Duvar	*Betonarme	Değişkendir	24 m		
	KOLON-DÖŞEME SİSTEM					*Döşeme	Kat yüksekliği	
	ÇERÇEVE SİSTEM					*Şantiye alanı	Değişkendir	
AHŞAP	DİKME-KİRİŞ SİSTEM	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ve atölye ortamı)	*Duvar	*Doğal ahşap	Değişkendir	*Tutkallı tabakalı ahşap elemanlar 16-20 m'ye kadar		
	PLATFORM ÇERÇEVE SİSTEM						*Döşeme	*LVL 24 m'ye kadar
	BALON ÇERÇEVE						*Çatı	*PSL 20 m'ye kadar
ÇELİK	KOLON-KİRİŞ SİSTEM	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamı)	*Duvar	Sıcak hadde çeliği	Elemanların yaygın boyutları kesitlerine göre değişmektedir. Yaygın kullanılan 2 örnek: *I profil 80-600 mm yükseklik, 42-200 mm taban genişliği *U profil 50-400 mm yükseklik, 38-110 mm taban genişliği	Değişkendir		
	HAFİF ÇELİK SİSTEM			*Döşeme		Soğuk hadde çeliği	12 m	

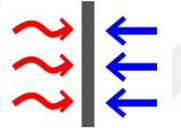



Tablo 31'in devamı

KRİTERLER		Ağırlık	Kat Sınırlaması	Döşemede Geçilebilen Açıklık	Tasarım Esnekliği	Yüzey Özelliği		
								
İSKELET SİSTEMLER	BETON	KOLON-KİRİŞ SİSTEM	*Hafif beton (700-2000 kg/m ²) *Normal beton (1800-2800 kg/m ²) *Ağır beton (>2600 kg/m ²) Genellikle normal beton kullanılmaktadır	Yüksek katlı konutlar için elverişlidir	15-30 m açıklık geçilebilmektedir.	Esnek tasarıma uygundur	Sıva, boya ve çeşitli kaplama malzemeleri için elverişlidir	
		KOLON-DÖŞEME SİSTEM			Değişkendir			
		ÇERÇEVE SİSTEM			24 m'ye kadar açıklık geçilebilmektedir			
AHŞAP	DİKME-KİRİŞ SİSTEM	*Çok hafif ahşap (<430 kg/m ³)	4-6 kat. Yapay ahşap elemanların kullanımı ile yükseklik artabilir.	12 m'ye kadar açıklık geçilebilmektedir. Kiriş kalınlığının geçilen açıklığa oranı 1'e 17-20 arasında olmalıdır.	Esnek tasarıma uygundur	Çeşitli kaplama malzemeleri için elverişlidir. Ayrıca ara eleman kullanımı ile sıva ve boya yapımına da elverişlidir.		
		PLATFORM ÇERÇEVE SİSTEM					*Hafif ahşap (440-720 kg/m ³)	6 kat
		BALON ÇERÇEVE					*Ağır ahşap (730-990 kg/m ³) *Çok ağır ahşap (>1000 kg/m ³)	2 kat
ÇELİK	KOLON-KİRİŞ SİSTEM	Elemanların ağırlıkları kesitlerine göre değişmektedir. Genel olarak 10 ile 400 kg/m arasında.	Yüksek katlı konutlar için elverişlidir	30 m'den fazla açıklıklar geçilebilmektedir ancak rasyonel boyut 6-18 m'dir.	Esnek tasarıma uygundur	Çeşitli kaplama malzemeleri için elverişlidir. Ayrıca ara eleman kullanımı ile sıva ve boya yapımına da elverişlidir.		
		HAFİF ÇELİK SİSTEM					Eleman ağırlıkları 7,5 kg/m'ye kadar çıkmaktadır.	4 kat

Tablo 31'in devamı

KRİTERLER		Nakliye	Montaj Araçları	İşçilik	Prefabriklik Derecesi
BETON	KOLON-KİRİŞ SİSTEM	 Kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilir.	 Elemanların boyutları ve ağırlıkları nedeniyle çeşitli vinçler ve montaj ekipmanları gerektirmektedir.	 Bileşen sayısı ve prefabriklik derecesi nedeniyle işçilik gereksinimi yüksektir	 Prefabriklik derecesi düşüktür. İnce işler genellikle şantiye alanında yapılmaktadır.
	KOLON-DÖŞEME SİSTEM				
	ÇERÇEVE SİSTEM				
AHŞAP	DİKME-KİRİŞ SİSTEM	Kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilir.	Elemanlar boyutuna ve ağırlığına bağlı olarak, insan gücüyle veya vinçle taşınabilmektedir. Metal elemanlar ile birleştirilen sistem elemanları, çeşitli montaj ekipmanları gerektirmektedir.	Bileşen sayısı ve prefabriklik derecesi nedeniyle işçilik gereksinimi yüksektir	Prefabriklik derecesi düşüktür. Sistem elemanları birleşim elemanları hazır halde üretilebilmektedir. İnce işler genellikle şantiye alanında yapılmaktadır.
	PLATFORM ÇERÇEVE SİSTEM				
	BALON ÇERÇEVE				
ÇELİK	KOLON-KİRİŞ SİSTEM	Kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilir.	İnsan gücü veya vinç ile taşınıp, çeşitli montaj ekipmanları gerektirmektedir.	Bileşen sayısı ve prefabriklik derecesi nedeniyle işçilik gereksinimi yüksektir. Sistem elemanlarının montajı, vasıflı teknik eleman gerektirmektedir.	Prefabriklik derecesi düşüktür. Elemanlar tesisat boşlukları açılmış şekilde üretilmektedir. İnce işler genellikle şantiye alanında yapılmaktadır.
	HAFİF ÇELİK SİSTEM		İnsan gücü ile taşınıp basit montaj ekipmanları ile inşa edilebilmektedir.		

Tablo 31'in devamı

KRİTERLER		Isı Yalıtımı	Ses Yalıtımı	Yangın Güvenliği	Sürdürülebilirlik
BETON	KOLON-KİRİŞ SİSTEM	 <p>Bölüclere bağlı olarak değişkendir. Ek önlem ve doğru detaylandırma gerektirmektedir.</p>	 <p>Bölüclere bağlı olarak değişkendir. Ek önlem ve doğru detaylandırma gerektirmektedir.</p>	 <p>Yangın dayanımı yüksektir. 60 dk direnç gösterebilmektedir. Ek önlemler ile bu süre 240 dk'ya kadar çıkabilmektedir.</p>	 <p>*Malzeme ve atık sarfiyatının azaltılması *Şantiyede ki gürültü ve kirliliğin azaltılması *Demonteye uygun tasarlanıp tekrar kullanılabilmesi *Etkili yalıtım ile enerji tasarrufu sağlaması</p>
	KOLON-DÖŞEME SİSTEM				
	ÇERÇEVE SİSTEM				
AHŞAP	DİKME-KİRİŞ SİSTEM	<p>Bölüclere bağlı olarak değişkendir. Ek önlem ve doğru detaylandırma gerektirmektedir.</p>	<p>Bölüclere bağlı olarak değişkendir. Ek önlem ve doğru detaylandırma gerektirmektedir.</p>	<p>Yapay ahşap yangın direnci yüksek, doğal ahşap ise yangın direnci düşük bir malzemedir. Sistem elemanlarına ve bölüclerine yangın direnci yüksek malzemeler veya bileşenler ile ek önlemler alınması gerekmektedir.</p>	<p>*Ahşabın ekolojik yapısı *Hammadde ve atık sarfiyatının azaltılması *Şantiyede ki gürültü ve kirliliğin azaltılması *Demonteye uygun tasarlanıp tekrar kullanılabilmesi *Etkili yalıtım ile enerji tasarrufu sağlaması</p>
	PLATFORM ÇERÇEVE SİSTEM				
	BALON ÇERÇEVE				
ÇELİK	KOLON-KİRİŞ SİSTEM	<p>Bölüclere bağlı olarak değişkendir. Ek önlem ve doğru detaylandırma gerektirmektedir.</p>	<p>Bölüclere bağlı olarak değişkendir. Ek önlem ve doğru detaylandırma gerektirmektedir.</p>	<p>Çelik yangın dayanımı oldukça düşük bir malzemedir. Sistem elemanlarına ve bölüclerine yangın direnci yüksek malzemeler veya bileşenler ile ek önlemler alınması gerekmektedir.</p>	<p>*Çeliğin %100 geri dönüştürülebilir yapısı *Hammadde ve atık sarfiyatının azaltılması *Şantiyede ki gürültü ve kirliliğin azaltılması *Demonteye uygun tasarlanıp tekrar kullanılabilmesi *Etkili yalıtım ile enerji tasarrufu sağlaması</p>
	HAFİF ÇELİK SİSTEM				

1. İskelet elemanlar genellikle kontrollü fabrika ortamında üretilmektedir, ancak doğal ahşap ve kalıp yardımıyla üretilen (beton) sistem elemanlarının ön üretimi şantiye alanında da yapılabilmektedir. Çelik ve yapay ahşap elemanlar teknik donanım gereksinimi nedeniyle sadece bilgisayar destekli fabrika ortamlarında üretilebilmektedir.
2. Çelik ve ahşap iskelet sistem elemanları, konutların duvar, döşeme ve çatısında taşıyıcı eleman olarak görev alabilirken; beton iskelet sistem elemanları duvar ve döşemede görev almaktadır. Beton iskelet elemanların ağırlıkları fazla, üretimi ve montajı kullanılan diğer elemanlara göre dezavantajlı olduğu için çatıda kullanımı rasyonel değildir.
3. İskelet sistem elemanları, farklı tür malzemelerden üretilebilmektedir:
 - a. Beton iskelet sistem elemanlarının üretiminde betonarme, ön gerilmeli beton ve art gerilmeli beton kullanılmaktadır.
 - b. Ahşap iskelet sistem elemanlarının üretiminde doğal veya yapay ahşap (Glulam, LSL, PSL, LVL ve I kiriş) kullanılabilir.
 - c. Çelik iskelet sistem elemanlarının üretiminde sıcak hadde ve soğuk hadde çeliği kullanılmaktadır.
4. İskelet sistem elemanlarının Dünya veya ülkeler çapında standartlaşmış boyutları bulunmaktadır. Bu boyutlar çeşitli etkenlere göre farklılaşabilmektedir (ülkelerde uygulanan yönetmelikler, üreticiler vb.) Bu boyutlar dışında üreticiler ile iletişime geçilerek, üretim ve nakliye koşulları da düşünülerek, özel boyutlarda eleman üretimi mümkündür.
5. İskelet sistem elemanları, uzunluğu diğer boyutlarına oranla fazla olan, tek boyutlu bileşenlerdir. Bu nedenle genellikle sadece uzunluk açısından kısıtlamalar içermektedir. Bu kısıtlamalar başlıca nakliye ve üretim koşulları ile ilgilidir. Boyut kısıtlamaları malzemelere göre farklılık göstermektedir:
 - a. Beton iskelet sistem elemanların uzunlukları genellikle 24 m'ye kadar üretilebilmektedir.
 - b. Yapay ahşap ile üretilen iskelet sistem elemanlarının uzunlukları 24 m'ye kadar çıkabilirken, doğal ahşap ile üretilen elemanlar, üretildiği ağaç türüne bağlı olarak çok daha kısadır.


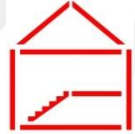
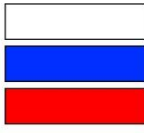
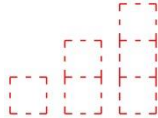
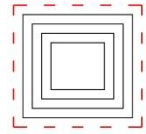
- c. Sıcak hadde çeliği ile üretilen sistemlerin uzunlukları nakliye sınırları ile kısıtlı kalırken, soğuk hadde çeliği ile üretilen elemanların uzunluğu 12 m'ye kadar çıkabilmektedir.
6. İskelet sistem elemanlarının ağırlıkları; malzeme, kesit, bileşen vb. etkenlere göre farklılık göstermektedir. Beton malzemeden üretilen elemanlar diğer sistem elemanlarına göre daha ağırdır; çelik malzemeden üretilen elemanlar diğerlerine göre daha hafiftir.
 7. İskelet sistemler, yüksek katlı konut üretimine elverişlidir. Ancak bazı alt sistemler (hafif çelik iskelet sistem, balon çerçeve sistem vb.) stabilite ve mukavemet yönünden zayıf kaldığı için, bu sistemler ile üretilen konutların yükseklikleri sınırlanmaktadır.
 8. İskelet sistemler ile 10 m'den fazla, oldukça geniş açıklıklar geçilebilmektedir. Ancak açıklık genişledikçe taşıyıcı sistem elemanlarının kesit kalınlıkları artmaktadır ve sistem maliyeti yükselmektedir. Konut üretiminde rasyonellik sağlanması açısından, bu açıklıklar ergonomik hacim genişliği ile sınırlı kalmaktadır.
 9. İskelet sistemlerde; bölücü ve sınır elemanları taşıyıcıdan bağımsız şekilde kurgulanabilir, yapılara uygun detay çözümleri ile ekleme-çıkarma yapılabilir ve cephe düzenlemeleri taşıyıcıdan bağımsız çözülebilir. Bu nedenle iskelet sistemler, 2 ve 3 boyutlu sistemler (panel ve hücre sistemler) ile yapılan tasarımlara göre daha fazla esneklik avantajına sahiptir.
 10. İskelet sistemler, her türlü kaplama malzemesi ve yüzey uygulaması için elverişlidir. Bu sistemlerin yüzey uygulamalarında, cephe kaplamaları doğrudan taşıyıcıya değil, bölücü elemanlara da monte edilebilmektedir. Bu nedenle iskelet sistemlerin cephe tasarımında bölücü ve sınır elemanlarının nitelikleri de göz önünde bulundurulmalıdır.
 11. İskelet sistem elemanları kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşımacılığa uygundur. Sistem elemanları tek boyutlu (uzunluğu diğer boyutlarından fazla) olduğu için, nakliye sınırları elemanların uzunlukları açısından belirleyicidir. Ayrıca üretim alanının şantiye alanına uzaklığı, maliyet açısından önemli bir unsurdur.
 12. İskelet sistem elemanları, ağırlıklarına ve boyutlarına göre çeşitli vinçler ve insan gücü ile taşınabilmektedir. Elemanların montajlarında bulon, cıvata, kaynak vb. farklı uygulamalar kullanıldığı için, farklı tipte montaj ekipmanları gerekebilmektedir.
 13. İskelet sistemler ile konut üretiminde, bileşen sayısı fazla ve prefabriklik derecesi düşük olduğu için diğer sistemlere (panel ve hücre sistemler) oranla şantiye alanında daha fazla işçilik gereksinimi duyulmaktadır.

14. İskelet sistemin bileşen sayısının fazla ve boyutlarının küçük olması; ayrıca elemanların ince işçiliğinin genellikle şantiye alanında yapılmasından dolayı, sistemin prefabriklik derecesi diğer sistemlere oranla daha düşüktür.
15. İskelet sistemlerde dış yüzeyle iç yüzey arasındaki ayırım sınır elemanları ile yapılmaktadır. Bu nedenle iskelet sistemlerin ısı yalıtım kapasitesi, kullanılan sınır elemanların niteliğine ve uygulanan detayların doğru çözümüne bağlıdır. Gerekli şartlar sağlandığı durumda, iyi derecede ısı yalıtımı yapılabilmektedir.
16. İskelet sistemlerde hacimleri bölücü elemanlar; dış ile iç mekanları sınır elemanları ayırmaktadır. Bu nedenle iskelet sistemlerin ses yalıtım kapasitesi, kullanılan bölücü ve sınır elemanların niteliğine ve uygulanan detayların doğru çözümüne bağlıdır. Gerekli şartlar sağlandığı durumda, iyi derecede ses yalıtımı yapılabilmektedir.
17. İskelet sistem elemanları, malzemelerine göre farklı yangın direnci göstermektedir. Beton ve yapay ahşap yangın direnci iyi; doğal ahşap ve çelik yangın direnci düşük malzemelerdir. Sistem elemanlarına yangın dirençli kaplamalar uygulanarak, bölücülere yangın önleyici malzemeler koyarak veya elemanların kesit kalınlığı artırılarak sistemlerin yangın direncini artırmak mümkündür.
18. İskelet sistemler; malzeme özellikleri, rasyonel üretimleri sayesinde atık ve malzeme sarfiyatını minimuma indirmesi, demonte olarak tasarlanabilmeleri, etkin yalıtımlı üretilerek enerji kullanımını azaltması ve şantiye alanında ki hızlı yapımı dolayısıyla gürültü ve kirliliği düşürmesi ile sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır.

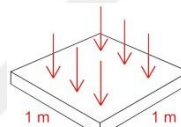
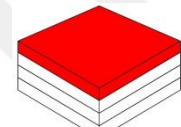
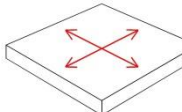

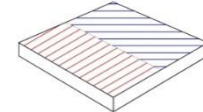
3.2. Prefabrike Panel Sistemler

Prefabrike panel sistemler malzemelerine göre beton, ahşap ve çelik sistemler olmak üzere 3 başlık altında sınıflandırılmıştır ve belirlenen 18 kritere göre analiz edilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen bulgular Tablo 32’de özetlenmiş ve ilgili metinlerde irdelenmiştir:

Tablo 32. Prefabrike panel sistemler

KRİTERLER		Üretim Yeri	Eleman Tipi	Malzeme	Yaygın Modüler Boyut	Boyut Sınırlaması
PANEL SİSTEMLER						
BETON	BÜYÜK BOY PANEL SİSTEM	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamı)	*Duvar *Döşeme	*Betonarme *Gazbeton	Değişkendir	Değişkendir
	ORTA VE KÜÇÜK BOY PANEL SİSTEM	*Şantiye alanı	*Çatı *Merdiven	*Öngerilmeli beton	10 cm ve 30 cm	
AHŞAP	BÜYÜK BOY PANEL SİSTEM	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ve atölye ortamı)	*Duvar *Döşeme	*Doğal ahşap *Yapay ahşap (lamine ahşap, çapraz lamine ahşap ve strüktürel nitelikli kompozit ahşap)	Panel boyutlarında, ahşap levhaların standart boyutu olan 120/122 cm'in katları ve bölenlerini modül boyutu olarak esas alınmaktadır.	Değişkendir. Günümüzde 22x3,5 m (uzunluk x genişlik) boyutlarında panel örneği bulunmaktadır.
	ORTA VE KÜÇÜK BOY PANEL SİSTEM	*Şantiye alanı	*Çatı *Merdiven			
ÇELİK	BÜYÜK BOY PANEL SİSTEM	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamı)	*Duvar *Döşeme	*Sıcak hadde çeliği	Çelik sandviç panellerde bu boyut 1 m kabul edilmektedir. diğer panel türleri için değişkendir.	Değişkendir
	ORTA VE KÜÇÜK BOY PANEL SİSTEM	*Şantiye alanı	*Çatı *Merdiven	*Soğuk hadde çeliği		

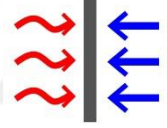
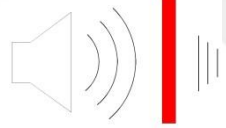


Tablo 32'in devamı

PANEL SİSTEMLER		KRİTERLER		Ağırlık	Kat Sınırlaması	Döşemede Geçilebilen Açıklık	Tasarım Esnekliği	Yüzey Özelliği
								
BETON	BÜYÜK BOY PANEL SİSTEM	*20 cm kalınlığında dolu kesitli betonarme panel yaklaşık 500 kg/m ² 'dir. *20 cm kalınlığında donatılı gazbeton panel 145-170 kg/m ² 'dir.		Yüksek katlı konutlar için elverişlidir.	Farklı döşeme elemanları ile geçilen açıklıklar farklılaşmaktadır. Dolu kesitli betonarme panel ile 6 m'ye kadar açıklık geçilirken, öngörülmesi ve nervürlü paneller ile döşeme açıklığı 17-20 m'ye kadar çıkabilmektedir.	Esnek tasarıma kısmen elverişlidir. Elemanların boyutu arttıkça tasarım esnekliği kısıtlanmaktadır.	Sıva, boya ve çeşitli kaplama malzemeleri için elverişlidir. Eleman yüzeyleri brüt beton olarak kullanılmaya da müsaittir.	
	ORTA VE KÜÇÜK BOY PANEL SİSTEM	*20 cm kalınlığında ön gerilmeli boşluklu betonarme paneller yaklaşık 240 kg/m ² 'dir.		Az katlı konutlar için elverişlidir.				
AHŞAP	BÜYÜK BOY PANEL SİSTEM	*20 cm kalınlığında masif ahşap panel yaklaşık 90 kg/m ² 'dir. *20 cm kalınlığında strüktürel nitelikli kompozit panel yaklaşık 20 kg/m ² 'dir.		Yüksek katlı konutlar için elverişlidir.	10 m'ye kadar açıklıklar geçilebilmektedir.	Esnek tasarıma kısmen elverişlidir. Elemanların boyutu arttıkça tasarım esnekliği kısıtlanmaktadır.	Çeşitli kaplama malzemeleri için elverişlidir. Ayrıca ara eleman kullanımı ile sıva ve boya yapımına da elverişlidir. Ahşap panel yüzeyleri çıplak da bırakılabilmektedir.	
	ORTA VE KÜÇÜK BOY PANEL SİSTEM	*5x10 dikmeler ile üretilen masif taşıyıcı panelin kaplamasız ağırlığı yaklaşık 20 kg/m ² 'dir.		Az ve orta katlı (en fazla 6) konutlar için elverişlidir.				
ÇELİK	BÜYÜK BOY PANEL SİSTEM	*10 cm kalınlığında, iki tarafı alçı panel kaplı hafif çelik paneller 35-45 kg/m ² 'dir. *10 cm kalınlığında çelik sandviç panel yaklaşık olarak 10-11 kg/m ² 'dir.		Çelik levha perde duvar paneli yüksek katlı, hafif çelik panel az katlı, çelik sandviç panel tek katlı konutlar için uygundur.	Çelik çerçeve paneller ile 14 m'ye kadar açıklık geçilebilmektedir. Çelik sandviç paneller ile üretilen tek katlı konutların hacim genişliği 6 m'ye kadar çıkabilmektedir.	Esnek tasarıma kısmen elverişlidir. Elemanların boyutu arttıkça tasarım esnekliği kısıtlanmaktadır.	Çelik paneller çeşitli kaplama malzemeleri için elverişlidir ancak sandviç panellere ek kaplama uygulanmamaktadır.	
	ORTA VE KÜÇÜK BOY PANEL SİSTEM							

Tablo 32'in devamı

PANEL SİSTEMLER		KRİTERLER			
		Nakliye	Montaj Araçları	İşçilik	Prefabriklik Derecesi
BETON	BÜYÜK BOY PANEL SİSTEM	Kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilir.	Elemanların boyutları ve ağırlıkları nedeniyle yüksek kapasiteli vinçler ve montaj ekipmanları gerekmektedir.	Bileşen sayısı ve prefabriklik derecesi nedeniyle işçilik gereksinimi düşüktür.	Elemanlar, kaplamaları, doğramaları ve tesisatı hazır şekilde yüksek prefabriklik derecesinde üretilebilmektedir.
	ORTA VE KÜÇÜK BOY PANEL SİSTEM		Elemanlar, insan gücüyle veya vinçle taşınmaktadır. Kuru veya ıslak birleşimler için çeşitli montaj ekipmanları gerekmektedir.	Bileşen sayısından dolayı işçilik gereksinimi büyük boy beton panellere göre fazladır.	Sistemin bileşen sayısı ve ince işleri genelde şantiye alanında yapıldığı için prefabriklik derecesi düşüktür.
AHŞAP	BÜYÜK BOY PANEL SİSTEM	Kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilir.	Elemanların boyutları ve ağırlıkları nedeniyle çeşitli vinçler ve montaj ekipmanları gerekmektedir.	Bileşen sayısı ve prefabriklik derecesi nedeniyle işçilik gereksinimi düşüktür.	Elemanlar, kaplamaları, doğramaları ve tesisatı hazır şekilde yüksek prefabriklik derecesinde üretilebilmektedir.
	ORTA VE KÜÇÜK BOY PANEL SİSTEM		Elemanlar, insan gücüyle veya vinçle taşınmaktadır. Metal elemanlı birleşimler için çeşitli montaj ekipmanları gerekmektedir.	Bileşen sayısından dolayı işçilik gereksinimi büyük boy ahşap panellere göre fazladır.	Elemanların boyutları ve sistemin bileşen sayısından dolayı prefabriklik derecesi düşüktür.
ÇELİK	BÜYÜK BOY PANEL SİSTEM	Kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilir.	İnsan gücü veya vinç ile taşıma, çeşitli montaj ekipmanları gerekmektedir.	Bileşen sayısı ve prefabriklik derecesi nedeniyle işçilik gereksinimi düşüktür.	Elemanlar, kaplamaları, doğramaları ve tesisatı hazır şekilde yüksek prefabriklik derecesinde üretilebilmektedir.
	ORTA VE KÜÇÜK BOY PANEL SİSTEM		İnsan gücü ile taşıma basit montaj ekipmanları ile inşa edilebilmektedir.	Bileşen sayısından dolayı işçilik gereksinimi büyük boy çelik panellere göre fazladır.	Elemanların boyutları ve sistemin bileşen sayısından dolayı prefabriklik derecesi düşüktür.

Tablo 32'in devamı

PANEL SİSTEMLER		KRİTERLER			
		Isı Yalıtımı 	Ses Yalıtımı 	Yangın Güvenliği 	Sürdürülebilirlik 
BETON	BÜYÜK BOY PANEL SİSTEM	Gazbeton malzemeli dolu kesitli paneller, çift duvar paneller ve sandviç paneller iyi derecede ısı yalıtımı sağlar. Diğer panellere ek önlem alınmalıdır.	Gazbeton malzemeli dolu kesitli paneller, çift duvar paneller ve kalın kesitli paneller iyi derecede ses yalıtımı sağlar. Diğer panellere ek önlem alınmalıdır.	Beton panellerin yangın direnci yüksektir. Ayrıca ek önlemler alınarak yangın dayanım süresi artırılabilir.	*Malzeme ve atık sarfiyatının azaltılması *Şantiyede ki gürültü ve kirliliğin azaltılması *Demonteye uygun tasarlanıp tekrar kullanılabilmesi *Etkili yalıtım ile enerji tasarrufu sağlanması
	ORTA VE KÜÇÜK BOY PANEL SİSTEM				
AHŞAP	BÜYÜK BOY PANEL SİSTEM	Strüktürel nitelikli kompozit paneller iyi derecede ısı yalıtımı sağlar. Diğer panellere ek önlem alınmalıdır.	Panellere ses yutucu katmanlar eklenerek ve kesit kalınlıkları artırılarak önlemler alınması gerekmektedir.	Yapay ahşap yangın direnci yüksek, doğal ahşap ise yangın direnci düşük bir malzemedir. Gerekli durumlarda panellere ek önlemler alınarak yangın dayanım süresi yönetmelikte istenilen süreye getirilebilmektedir.	*Ahşabın ekolojik yapısı *Hammadde ve atık sarfiyatının azaltılması *Şantiyede ki gürültü ve kirliliğin azaltılması *Demonteye uygun tasarlanıp tekrar kullanılabilmesi *Etkili yalıtım ile enerji tasarrufu sağlanması
	ORTA VE KÜÇÜK BOY PANEL SİSTEM				
ÇELİK	BÜYÜK BOY PANEL SİSTEM	Çelik sandviç panellerin bünyesinde bulunan yalıtım katmanına bağlı olarak iyi derece yalıtım sağlanabilmektedir ancak diğer paneller için ek önlem alınması gerekmektedir.	Panellere ses yutucu katmanlar eklenerek ve kesit kalınlıkları artırılarak önlemler alınması gerekmektedir.	Çelik panellerin yangın dayanımı oldukça düşüktür. Sistem elemanlarına yangın direnci yüksek malzemeler veya bileşenler ile ek önlemler alınması gerekmektedir.	*Çeliğin %100 geri dönüştürülebilir yapısı *Hammadde ve atık sarfiyatının azaltılması *Şantiyede ki gürültü ve kirliliğin azaltılması *Demonteye uygun tasarlanıp tekrar kullanılabilmesi *Etkili yalıtım ile enerji tasarrufu sağlanması
	ORTA VE KÜÇÜK BOY PANEL SİSTEM				

1. Panel sistem elemanları, kontrollü fabrika ortamında üretilmektedir ancak doğal ahşap, hafif çelik ve kalıp yardımıyla üretilen (beton) sistem elemanlarının ön üretimi şantiye alanında da yapılabilmektedir. Sıcak hadde çeliği ve yapay ahşap malzemelerden üretilen paneller, teknik donanım gereksinimi nedeniyle sadece bilgisayar destekli fabrika ortamlarında üretilmektedir.
2. Panel sistemler elemanları, konutların duvar, döşeme, çatı ve çekirdek kısmında taşıyıcı olarak görev almaktadırlar.
3. Panel sistem elemanları, farklı tür malzemelerden üretilmektedir:
 - a. Beton panel sistem elemanlarının üretiminde betonarme, ön gerilmeli beton ve gazbeton kullanılmaktadır.
 - b. Ahşap panel sistem elemanlarının üretiminde doğal veya yapay ahşap (lamine ahşap, çapraz lamine ahşap, strüktürel nitelikli kompozit ahşap) kullanılabilmektedir.
 - c. Çelik panel sistem elemanlarının üretiminde sıcak hadde ve soğuk hadde çeliği kullanılmaktadır.
4. Panel sistem elemanları, farklı özelliklere göre boyutlandırılabilir. Ahşap paneller, dikmelerin arasında bulunan mesafeyi veya ahşap kaplama levhalarının boyutunu esas alarak 120 cm boyutunun katlarını ve bölenlerini modül olarak kabul etmektedir. Çelik paneller, profillerin arasındaki mesafeyi veya kaplama levhalarını esas almaktadır. Bu panellerde modüler boyut 60 cm veya 1 m olmaktadır. Beton panel sistemler temel modül boyutunu esas almaktadır. Bu boyut 10 cm, 30 cm veya 1 m'dir.
5. Panel sistem elemanlarının genişliği ve uzunluğu kalınlığına oranla fazladır. 2 boyutlu olarak nitelendirilen sistem elemanlarının ölçülerini; üretim koşulları, nakliye sınırlılıkları, mühendislik hesapları ve kaldırma-montaj araçlarının kapasiteleri belirlemektedir.
6. Panel sistem elemanlarının ağırlıkları; malzeme, kesit, bileşen vb. etkenlere göre farklılık göstermektedir. Beton malzemedен üretilen panel elemanlar, diğer panel elemanlara göre oldukça ağırdır.
7. Panel sistemlerin kat sınırlılıkları, panel sınıflarına göre farklılık göstermektedir. Büyük boy paneller yüksek katlı konut üretimine elverişlidir ancak orta ve küçük boy paneller, birleşim bölgelerinin fazlalığı nedeniyle ortaya çıkan stabilite sorunu ve elemanların mukavemetlerinin düşüklüğünden dolayı az katlı konutlar için uygundur.

8. Panel sistemler ile, farklı panel çeşitlerine bağlı olarak farklı boyutlarda açıklıklar geçilebilmektedir. Ancak açıklık boyutu arttıkça, iskelet sistemlerde olduğu gibi, taşıyıcı sistem elemanlarının kesit kalınlıkları ve yapının ölü yükü artmakta, yapım maliyeti yükselmektedir. Konut üretiminde rasyonellik sağlanması açısından, bu açıklıklar ergonomik hacim genişliği ile sınırlı kalmaktadır.
9. Panel sistem elemanları, yapının taşıyıcısını ve bölücüsünü oluşturmaktadır. Bu nedenle taşıyıcı sistem ve mekan tasarımı birlikte çözülmektedir. Ayrıca eleman boyutlarının büyümesi, tasarım esnekliği açısından dezavantajlıdır. Dolayısıyla büyük boy paneller esnek tasarıma uygun değilken; küçük boy paneller kısmen uygundur.
10. Panel sistem elemanları, çeşitli kaplama, boya, sıva vb. yüzey uygulamalarına elverişlidir ancak eleman boyutları küçüldükçe (küçük boy paneller de) birleşim bölgelerinin artması, ince işçilik kalitesini düşürmektedir.
11. Panel sistem elemanları genişliği ve uzunluğu olan, 2 boyutlu elemanlardır. Bu elemanların boyutlarında, nakliye sınırları oldukça etkili olmaktadır. Ayrıca nakliyede, taşıma uzaklığı ve panellerin istiflenme şekli de önemli unsurlardır.
12. Panel sistem elemanları, boyutları ve ağırlıkları dolayısıyla yüksek kapasiteli taşıma ve montaj araçları gerektirmektedir. Bazı küçük boy alt sınıf elemanları (gazbeton panel, çelik sandviç panel vb.) insan gücü ile taşımaya elverişli olabilmektedir.
13. Panel sistem elemanlarının işçilik gereksinimleri boyutlarına ve prefabriklik derecelerine göre farklılaşabilmektedir. Sistem elemanlarının boyutu ve prefabriklik derecesi arttıkça, şantiyede ki işçilik gereksinimi düşmektedir.
14. Büyük boy panel sistem elemanları; doğramaları, kaplamaları, tesisat donanımları ve yalıtımları uygulanmış şekilde yüksek derecede prefabrike üretime elverişlidir ancak küçük ve orta boy panel elemanların ince işçiliği genellikle şantiye alanında yapılmaktadır ve sistemi oluşturan bileşen sayısı büyük boy panellere oranla fazladır. Bu nedenle küçük ve orta boy panellerin prefabriklik derecesi büyük boy panellere oranla düşüktür.
15. Panel sistem elemanları; yapısal özellikleri, üretim esnasında uygulanan yalıtım önlemleri veya monte edildikten sonra eklenen yalıtım katmanları sayesinde yüksek derecede ısı yalıtımı sağlayabilmektedirler.
16. Panel sistem elemanları; yapısal özellikleri, üretim esnasında uygulanan yalıtım önlemleri veya monte edildikten sonra eklenen yalıtım katmanları sayesinde yüksek derecede ses yalıtımı sağlayabilmektedirler.

17. Panel sistem elemanları, malzemelerine göre farklı yangın direnci göstermektedir. Beton ve yapay ahşaptan üretilen panellerin yangın direnci yüksektir ancak doğal ahşap ve çelikten üretilen panellerin yangın direnci düşüktür. Sistem elemanlarına gerekli önlemler alınarak (alçı levha kaplama vb.) veya kesit kalınlıkları artırılarak yangın direncini yükseltmek mümkündür.
18. Panel sistemler; malzeme özellikleri, rasyonel üretimleri sayesinde atık ve malzeme sarfiyatını minimuma indirmesi, demonte olarak tasarlanabilmeleri, etkin yalıtımlı üretilerek enerji kullanımını azaltması ve şantiye alanında ki hızlı yapımı dolayısıyla gürültü ve kirliliği düşürmesi ile sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır.
19. Paneller ile konut üretiminde elemanların boyutu küçüldükçe birleşim noktalarının sayısı artmakta ve derz noktalarında özel detaylandırma gerekmektedir.

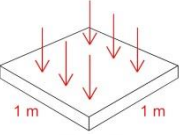
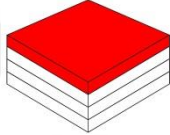
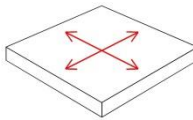

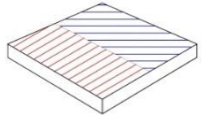
3.3. Prefabrike Hücre Sistemler

Prefabrike hücre sistemler malzemelerine göre beton, ahşap ve çelik sistemler olmak üzere 3 başlık altında sınıflandırılmıştır ve belirlenen 18 kritere göre analiz edilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen bulgular Tablo 33'de özetlenmiş ve ilgili metinlerde irdelenmiştir:

Tablo 33. Prefabrike hücre sistemler

KRİTERLER		Üretim Yeri	Eleman Tipi	Malzeme	Yaygın Modüler Boyut	Boyut Sınırlaması
BETON	İSKELET SİSTEMLİ HÜCRELER	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamı)	*Yaşama mekanı modülü (odalar ve ıslak hacimler) *Çatı modülü *Çekirdek modülü	*Betonarme *Art gerilmeli beton	Değişkendir	6x20x3,7 m (genişlik x uzunluk x yükseklik)
	PANEL SİSTEMLİ HÜCRELER			*Betonarme		
AHŞAP	İSKELET SİSTEMLİ HÜCRELER	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamı)	*Yaşama mekanı modülü (odalar ve ıslak hacimler) *Çatı modülü	*Doğal ahşap *Yapay ahşap (lamine ahşap dikmeler, çapraz lamine ahşap panel ve strüktürel nitelikli kompozit ahşap panel)	3x8x3,2 m (genişlik x uzunluk x yükseklik)	6x20x3,7 m (genişlik x uzunluk x yükseklik)
	PANEL SİSTEMLİ HÜCRELER					
ÇELİK	İSKELET SİSTEMLİ HÜCRELER	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamı)	*Yaşama mekanı modülü (odalar ve ıslak hacimler) *Çatı modülü *Çekirdek modülü	*Sıcak hadde çeliği	2,44x6,09x2,60 m ve 2,44x12,19x2,60 m (genişlik x uzunluk x yükseklik)	6x20x3,7 m (genişlik x uzunluk x yükseklik)
	PANEL SİSTEMLİ HÜCRELER			*Soğuk hadde çeliği		

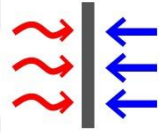
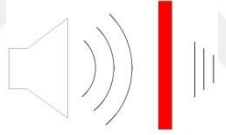


Tablo 33'in devamı

KRİTERLER		Ağırlık	Kat Sınırlaması	Döşemede Geçilebilen Açıklık	Tasarım Esnekliği	Yüzey Özelliği
						
BETON	İSKELET SİSTEMLİ HÜCRELER	Standart bir hücrenin ağırlığı 320-450 kg/m ² 'dir.	5-6 kat	Yan yana dizilen açık hücre sayısına bağlı olarak değişmektedir. Kat yüksekliği arttıkça yan yana dizilebilen açık hücre sayısı azalmaktadır.	Esnek tasarıma elverişli değildir.	Sıva, boya ve çeşitli kaplama malzemeleri için elverişlidir. Eleman yüzeyleri çıplak beton olarak da bırakılabilmektedir.
	PANEL SİSTEMLİ HÜCRELER	Standart bir hücrenin ağırlığı 750-1100 kg/m ² 'dir.				
AHŞAP	İSKELET SİSTEMLİ HÜCRELER	Yüksek prefabriklik derecede (ince işleri yapılmış) bir hücrenin ağırlığı yaklaşık 350 kg/m ² 'dir.	3 kat	Yan yana dizilen açık hücre sayısına bağlı olarak değişmektedir. Kat yüksekliği arttıkça yan yana dizilebilen açık hücre sayısı azalmaktadır.	Esnek tasarıma elverişli değildir.	Çeşitli kaplama malzemeleri için elverişlidir. Eleman yüzeyleri çıplak ahşap olarak da bırakılabilmektedir.
	PANEL SİSTEMLİ HÜCRELER	Yüksek prefabriklik derecede (ince işleri yapılmış) bir hücrenin ağırlığı yaklaşık 350-400 kg/m ² 'dir.				
ÇELİK	İSKELET SİSTEMLİ HÜCRELER	Standart bir hücrenin ağırlığı 150-300 kg/m ² 'dir.	6 kat	Yan yana dizilen açık hücre sayısına bağlı olarak değişmektedir. Kat yüksekliği arttıkça yan yana dizilebilen açık hücre sayısı azalmaktadır.	Esnek tasarıma elverişli değildir.	Çeşitli kaplama malzemeleri için elverişlidir.
	PANEL SİSTEMLİ HÜCRELER	Standart bir hücrenin ağırlığı 200-350 kg/m ² 'dir.				

Tablo 33'in devamı

HÜCRE SİSTEMLER		KRİTERLER			
		Nakliye	Montaj Araçları	İşçilik	Prefabriklik Derecesi
BETON	İSKELET SİSTEMLİ HÜCRELER	Kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilir.	Elemanların boyut ve ağırlıklarından dolayı, yüksek kapasiteli vinçler ve çeşitli montaj ekipmanları gerektirmektedir.	Bileşen sayısının az ve prefabriklik derecesinin yüksek olmasından dolayı şantiye alanında ki işçilik gereksinimi oldukça düşüktür.	Elemanların tüm kaba ve ince işleri bitmiş olarak üretim gerçekleştirilmektedir. Bu sistemin prefabriklik derecesi oldukça yüksektir.
	PANEL SİSTEMLİ HÜCRELER				
AHŞAP	İSKELET SİSTEMLİ HÜCRELER	Kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilir.	Elemanların boyut ve ağırlıklarından dolayı, yüksek kapasiteli vinçler ve çeşitli montaj ekipmanları gerektirmektedir.	Bileşen sayısının az ve prefabriklik derecesinin yüksek olmasından dolayı şantiye alanında ki işçilik gereksinimi oldukça düşüktür.	Elemanların tüm kaba ve ince işleri bitmiş olarak üretim gerçekleştirilmektedir. Bu sistemin prefabriklik derecesi oldukça yüksektir.
	PANEL SİSTEMLİ HÜCRELER				
ÇELİK	İSKELET SİSTEMLİ HÜCRELER	Kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşınabilir.	Elemanların boyut ve ağırlıklarından dolayı, yüksek kapasiteli vinçler ve çeşitli montaj ekipmanları gerektirmektedir.	Bileşen sayısının az ve prefabriklik derecesinin yüksek olmasından dolayı şantiye alanında ki işçilik gereksinimi oldukça düşüktür.	Elemanların tüm kaba ve ince işleri bitmiş olarak üretim gerçekleştirilmektedir. Bu sistemin prefabriklik derecesi oldukça yüksektir.
	PANEL SİSTEMLİ HÜCRELER				

Tablo 33'in devamı

HÜCRE SİSTEMLER		KRİTERLER			
		Isı Yalıtımı 	Ses Yalıtımı 	Yangın Güvenliği 	Sürdürülebilirlik 
BETON	İSKELET SİSTEMLİ HÜCRELER	Üretim veya montaj aşamasında gerekli önlemler ile yüksek derecede ısı yalıtımı sağlanabilmektedir.	Beton hücreler, ses yalıtımı konusunda etkili elemanlardır. Ayrıca üretim veya montaj aşamasında gerekli önlemler ile yüksek derecede ses yalıtımı sağlanabilmektedir.	Beton hücrelerin yangın direnci yüksektir. Ayrıca ek önlemler alınarak yangın dayanım süresi artırılabilir.	*Malzeme ve atık sarfiyatının azaltılması *Şantiyede ki gürültü ve kirliliğin azaltılması *Etkili yalıtım ile enerji tasarrufu sağlanması
	PANEL SİSTEMLİ HÜCRELER				
AHŞAP	İSKELET SİSTEMLİ HÜCRELER	Üretim veya montaj aşamasında gerekli önlemler ile yüksek derecede ısı yalıtımı sağlanabilmektedir.	Üretim veya montaj aşamasında gerekli önlemler ile yüksek derecede ses yalıtımı sağlanabilmektedir.	Ahşap hücreler, yangın dayanımı düşük elemanlardır. Sistem elemanlarına ek önlemler alınarak yangın dayanım süresi artırılabilir.	*Ahşabın ekolojik yapısı *Hammadde ve atık sarfiyatının azaltılması *Şantiyede ki gürültü ve kirliliğin azaltılması *Demonteye uygun tasarlanıp tekrar kullanılabilmesi *Etkili yalıtım ile enerji tasarrufu sağlanması
	PANEL SİSTEMLİ HÜCRELER				
ÇELİK	İSKELET SİSTEMLİ HÜCRELER	Üretim veya montaj aşamasında gerekli önlemler ile yüksek derecede ısı yalıtımı sağlanabilmektedir.	Üretim veya montaj aşamasında gerekli önlemler ile yüksek derecede ses yalıtımı sağlanabilmektedir.	Çelik hücreler, yangın dayanımı düşük elemanlardır. Sistem elemanlarına ek önlemler alınarak yangın dayanım süresi artırılabilir.	*Çeliğin %100 geri dönüştürülebilir yapısı *Hammadde ve atık sarfiyatının azaltılması *Şantiyede ki gürültü ve kirliliğin azaltılması *Demonteye uygun tasarlanıp tekrar kullanılabilmesi *Etkili yalıtım ile enerji tasarrufu sağlanması
	PANEL SİSTEMLİ HÜCRELER				

1. Hücre sistemler, yüksek prefabrike dereceli, kompleks yapı elemanlarıdır. Sistem elemanlarını oluşturan bileşen çeşitleri ve detayları farklılaşmaktadır. Elemanlar genellikle şantiye alanında bulunamayan teknik donanımlar ve kapalı ortam şartları gerektirmektedir. Bu nedenle hücreler, kontrollü fabrika ortamında üretilmektedir.
2. Hücre sistemler elemanları; yaşam mekanı modülü, çekirdek modülü ve çatı modülü olarak üretilmektedirler.
3. Hücre sistem elemanları, farklı tür malzemelerden üretilmektedir:
 - a. Beton hücre sistem elemanlarının üretiminde betonarme ve ön gerilmeli beton kullanılmaktadır.
 - b. Ahşap hücre sistem elemanlarının üretiminde doğal veya yapay ahşap (lamine ahşap, çapraz lamine ahşap ve kompozit nitelikli taşıyıcı ahşap) kullanılabilir.
 - c. Çelik hücre sistem elemanlarının üretiminde sıcak hadde ve soğuk hadde çeliği kullanılmaktadır.
4. Hücre sistem elemanları, malzemelerine göre farklı boyutları modül kabul etmektedirler. Beton hücre sistemlerin boyutunda üreticide bulunan mevcut kalıp önem kazanırken, ahşap ve çelik hücreler 3x8 (genişlik x uzunluk) m boyutlarda yaygın olarak üretilmektedir. Deniz taşımacılığında kullanılan konteynırlar (çelik hücre), nakliyat sektörünün kriterlerini esas alınarak, 2.44x6.09x2.60 m ve 2.44x12.19x2.60 m (genişlik x uzunluk x yükseklik) boyutlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.
5. Hücre sistem elemanlarının boyutlarını belirleyen en önemli unsur nakliyatıdır. Bu elemanların maksimum boyutları 6x20x3,7 m (genişlik x uzunluk x yükseklik) olarak kabul edilmektedir.
6. Hücre sistem elemanlarının ağırlıkları; malzemelerine, bileşenlerine, taşıyıcı sistemlerine ve prefabriklik derecelerine göre farklılık göstermektedir. Beton malzemedan üretilen hücre elemanlar, diğer hücre elemanlara göre oldukça ağırdır ve bu elemanların ağırlıkları 70 tona kadar çıkabilmektedir.
7. Hücre sistemlerin kat sınırlılıkları, kullanılan malzemeye göre farklılık göstermektedir. Farklı malzemeli hücreler ile üretilen konutların kat yüksekliklerini belirleyen unsurlar; malzemelerin mukavemeti ve yangın direncidir. Beton ve çelik malzemedan üretilen hücre sistemler, mukavemetlerinden dolayı orta katlı konutlar için elverişliken, ahşap hücre sistemler, yangın güvenliği düşük olduğu için az katlı konutlar için uygundur. Hücrelerin hibrit yapı içerisinde kullanım durumlarında kat yükseklikleri artmaktadır.

8. Hücre sistemlerin en büyük dezavantajlarından biri, hacim genişliklerinin esnek olmamasıdır. Hücreler en fazla 6 m genişliğinde üretilebilmektedir. Daha geniş hacimler istenildiği takdirde, geçilen açıklıklar birkaç açık hücrenin yan yana gelmesiyle sınırlı kalmaktadır. Ayrıca kat yükseklikleri arttıkça yan yana gelebilen açık hücre sayısı düşmektedir.
9. Hücre sistemler, mekanların hazırlanarak yapıyı oluşturduğu sistemdir. Dolayısıyla sistem ile tasarım yaparken mekan ve formlar farklılaşmamaktadır. Ayrıca modüler üretim nedeniyle hücreler, genellikle aynı sistem ve yüzey elemanları ile üretilmektedir. Dolayısıyla elemanların yapısı ve boyutları nedeniyle hücre sistemler, incelenen prefabrike sistemler arasında esnek tasarım açısından en olumsuz sistem olarak nitelendirilebilmektedir.
10. Hücre sistem elemanları, çeşitli kaplama, boya, sıva vb. yüzey uygulamalarına elverişlidir.
11. Hücre sistem elemanları; kalınlığı, genişliği ve uzunluğu olan, 3 boyutlu elemanlardır. Bu elemanların boyutlarında, nakliye sınırları birincil etken olmaktadır. Ayrıca hücre sistem nakliyesinde, diğer sistemlerde olduğu gibi, taşıma uzaklığı da önemli unsurdur.
12. Hücre sistem elemanları, boyutları ve ağırlıkları dolayısıyla yüksek kapasiteli taşıma ve montaj araçları gerektirmektedir. Özellikle beton hücre elemanların montajında son derece gelişmiş vinçler kullanılmaktadır.
13. Hücre sistemler, yüksek bitmişlik dereceleri ve bileşen sayılarının azlığı nedeniyle şantiye alanında oldukça düşük işçilik gereksinimi duymaktadır. Ancak elemanların üretim esnasında ki işçilik gereksinimi yüksektir.
14. Hücre sistemler, prefabriklik derecesi en yüksek yapım yöntemidir. Sistem elemanları şantiye alanına; doğramaları, kaplamaları, tesisat donanımları, yalıtımları ve birleşim detay elemanları bitirilmiş şekilde getirilebilmektedir.
15. Hücre sistemler, elemanların üretiminde veya montajları yapıldıktan sonra yalıtım önlemleri uygulanarak yüksek derecede ısı yalıtımı sağlayabilmektedir.
16. Hücre sistemler, bölücü elemanların üst üste veya yan yana gelmesiyle, bölücü kalınlıklarının artırılmasıyla veya ek yalıtım katmanların eklenmesiyle yüksek derecede ses yalıtımı sağlayabilmektedir.
17. Hücre sistem elemanları, malzemelerine göre farklı yangın direnci göstermektedir. Beton hücreler yangın direnci iyi elemanlardır ancak ahşap ve çelikten üretilen hücrelerin yangın direnci iyi değildir. Sistem elemanlarına gerekli önlemler alınarak

(alçı levha kaplama vb.) ve kesit kalınlıkları artırılarak yangın direncini yükseltmek mümkündür.

18. Hücre sistemler; malzeme özellikleri, rasyonel üretimleri sayesinde atık ve malzeme sarfiyatını minimuma indirmesi, demonte olarak tasarlanabilmeleri, etkin yalıtımlı üretilerek enerji kullanımını azaltması ve şantiye alanında ki hızlı yapımı dolayısıyla gürültü ve kirliliği düşürmesi ile sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır.



4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Prefabrike yapım sistemleri prefabriklik derecelerine göre iskelet, panel ve hücre sistemler olmak üzere 3 başlık altında sınıflandırılmıştır; konut üretiminde kullanımlarına göre ayrıştırılarak, belirlenen kriterlere göre analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar şöyledir:

- Prefabrike yapım sistemlerinin elemanları genellikle kontrollü fabrika ortamında üretilmektedir; ancak atölyeler ve şantiyelerde üretilen alt sistem elemanları da mevcuttur.
- Prefabrike sistem elemanlarını, konutların tüm hacimlerinde (duvar, döşeme, çekirdek, çatı vb.) kullanmak mümkündür.
- Prefabrike sistem elemanlarını, farklı tür malzemelerden üretmek mümkündür.
- Prefabrike yapımın amaçlarından olan seri üretimi gerçekleştirmek için sistem elemanlarının Dünya genelinde kabul edilen standartlaşmış boyutları bulunmaktadır. Bu boyutlar dışında, üretim ve nakliye şartları gözetilerek, istenilen boyutlarda elemanlar üretilmektedir.
- Prefabrike sistem elemanlarının boyutlarını belirleyen unsurlar; üretim koşulları, nakliye sınırlılıkları, mühendislik hesapları ve kaldırma-montaj araçlarının kapasiteleridir.
- Prefabrike sistem elemanlarının ağırlıkları, prefabriklik derecelerine ve malzemelerine göre değişmektedir. Tek boyutlu iskelet sistemler en hafif; 3 boyutlu hücre sistemler en ağır yapım sistemidir. Üretilen malzemeler açısından beton elemanlar en ağır; çelik elemanlar en hafif bileşenlerdir.
- Prefabrike sistemler ile üretilen konutların kat sayıları alt sistemlere ve malzemelere göre değişiklik göstermektedir. Genel olarak, iskelet ve panel sistemler çok katlı konut üretimine; hücre sistemler ise orta katlı konut üretimine elverişlidir. Sistemlerin hibrit yapılar içinde kullanımı durumunda, konutların kat sayıları artmaktadır.
- İskelet ve panel sistemler, oldukça geniş açıklıklar geçmeye elverişlidir; ancak hücre sistemlerde bu boyut sınırlı kalmaktadır. Ayrıca geçilen açıklık boyutu arttıkça; döşeme kalınlığı, duvar kalınlığı ve maliyetin artacağı dikkate alınmalıdır.

- Prefabrike sistemler ile konut üretiminde, sistem elemanlarının prefabriklik derecesi ve boyutu arttıkça tasarım esnekliği kısıtlanmaktadır.
- Prefabrike yapım sistem elemanları, genellikle her tür kaplama ve cephe uygulamasına elverişlidir.
- Nakliye, sistem elemanlarının boyutlarını ve yapım maliyetini etkileyen başlıca unsurlardandır. Prefabrike yapım sistem elemanları; kara, deniz, demir ve hava yolu ile taşımacılığa elverişlidir. Ancak bu yöntemler içinde kara taşımacılığı en yoğun kullanılan taşıma şeklidir. Nakliye sınırları, elemanların istiflenme şekli ve üretim alanı ile yapım alanının uzaklığı tasarım aşamasında planlanarak, organize edilmelidir.
- Prefabrike sistem elemanları, boyutlarına ve ağırlıklarına göre çeşitli taşıma ve montaj aracı gerektirebilmektedir. Bazı hafif ve küçük boyutlu alt sistem elemanları (küçük boy gazbeton panel gibi), insan gücü ile taşınıp basit araçlarla montaj edilebilmektedir.
- Prefabrike yapım sistemlerinin, prefabriklik derecesi arttıkça şantiye alanındaki işçilik gereksinimi düşmekte; fabrika alanındaki işçilik gereksinimi ise yükselmektedir.
- Prefabrike yapım sistemlerinin prefabriklik derecesi, elemanların boyutları arttıkça yükselmektedir. 3 boyutlu hücre sistemler prefabriklik derecesi en yüksek; tek boyutlu iskelet sistemler ise prefabriklik derecesi en düşük yapım yöntemidir.
- Prefabrike sistemler ile, gerekli önlemler alınarak (yalıtım katmanları vb.) ve detaylar doğru uygulanarak, yüksek derecede ısı yalıtımı sağlanabilmektedir.
- Prefabrike sistemler ile, gerekli önlemler alınarak (yalıtım katmanları vb.) ve detaylar doğru uygulanarak, yüksek derecede ses yalıtımı sağlanabilmektedir.
- Prefabrike sistem elemanlarının yangın direnci malzemelere göre farklılık göstermektedir. Ancak gerekli önlemler alınarak (yangın dirençli katmanlar, kesit kalınlığını artırmak vb.), yangın direncini istenilen sürelerle çıkarmak mümkün olmaktadır.
- Prefabrike sistemler; malzeme özellikleri, rasyonel üretimleri sayesinde atık ve malzeme sarfiyatını minimuma indirmesi, demonte olarak tasarlanabilmeleri, etkin yalıtımlı üretilerek enerji kullanımını azaltması ve şantiye alanında ki hızlı yapımı dolayısıyla gürültü ve kirliliği düşürmesi ile sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Ancak sistemlerin sürdürülebilirliğe katkıları, üretilen konutların sürdürülebilir olduğu anlamına gelmemektedir. Prefabrike konutların sürdürülebilir olarak nitelendirilebilmesi için, diğer üretim sistemlerinde de olduğu gibi, ekolojik (arazi ve iklimsel bölgeye uyum vb.), sosyal (insan ilişkilerini geliştirebilecek tasarım vb.) ve

ekonomik (yerel malzeme kullanımı vb.) yönden sürdürülebilirlik niteliklerini sağlaması ve sürdürülebilirliğe aykırı durum barındırmaması gerekmektedir.

- Prefabrike sistem elemanlarının boyutları küçüldükçe birleşim noktalarının sayısı artmaktadır. Birleşim bölgelerinin fazla olduğu sistemlerde derz bölgeleri için, yalıtım ve cephe uygulamaları açısından, özel detaylandırmalar gerekebilmektedir.
- Prefabrike sistemler ile (özellikle yüksek prefabriklik dereceli elemanlar kullanılarak) konut üretimi kısa sürede yapılabilmektedir.
- Prefabrike konutlar, hem eğimli, hem de düz arazilerde üretilebilmektedir.

Çalışmanın sonuçları doğrultusunda aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

- Prefabrike yapım sistemleri ile konut üretiminin rasyonel olması için, üretim yapılacak yerlerde ilgili yönetimler gerekli yasal destek ve yatırımcılara teşvik sağlamalı; bölgelerde bulunan ya da kolay ulaşılabilen malzemeler ile üretim ön planda olmalı; seri üretime geçilerek maliyetler düşürülmeli; ilgili alanlarda eğitim ve kaynak eksikliği giderilerek nitelikli elemanlar yetiştirilmelidir.
- Bu çalışmada incelenen sistemler güncel veriler kullanılarak değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarında ulaşılan değerler, nitelik ve nicelik yönünden değişim gösterebilir. Bu çalışmanın ilgili alandaki eğitim eksikğine katkı vereceği düşünülerek, belli aralıklarla güncel olarak çalışılması mimarlık eğitimi için yararlı olacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Anderson, M. ve Anderson, P., 2007. Prefab Prototypes: Site-Specific Design for Offsite Construction, 123. Princeton Architectural Press, New York.
- Anonim, 2009. Precast Concrete, Northeastern University School of Architecture ARCH G691 Graduate Degree Project Studio, ABD.
- Ariyanayagam, A. D., 2013. Fire Performance and Design of Light Gauge Steel Frame Wall Systems Exposed to Realistic Design Fires, Doktora Tezi, Queensland Teknoloji Üniversitesi, Brisbane.
- Ayaydın, Y. ve Koman, İ., 2004. Mimarlar İçin 12 Soruda Beton Prefabrikasyon, Birmat Matbaası, İstanbul.
- Ayaydın, Y., 1997. Mimari Açından Prefabriğe Sistemler, Prefabriğe İnşaat Teknolojileri Sempozyumu, Haziran, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 21-28.
- Ayaz, C., 2011. Çok Katlı Sürdürülebilir Yapı Tasarımında Ahşabın Strüktürel Olarak Kullanım Olanakları ve Dünyadaki Örnek Uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ayazoğlu, İ., 2003. Prefabriğe Panel Sistemlerle Konut Üretiminde Mimari Tasarım Sorunları, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aydın, B., 2011. Sürdürülebilir Çelik Yapı Uygulama Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Baghchesaraei, A., 2015. Using Prefabrication Systems in Building Construction, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Clarke, A., 2012. Housing need in the United Kingdom, International Encyclopedia of Housing and Home, p 538-543.
- Çelik, M., D., 2003. Yüksek Yapılarda Çelik Taşıyıcı Sistemler, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Danta Prefabrik Betonarme Yapı Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi, t.y. Öngerilmeli boşluklu döşeme, Denizli. Erişim Adresi <http://www.danta.com.tr/prefabrik-/index.php?icerik=52>. 18.08.2018.
- Demirkaya, E., 2009. Prefabriğe Yapılar Üzerinde Bir Sentez Çalışması ve Prefabriğe Bir Yapının Yatay Yükler Altında Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Ekinci, S. ve Eşsiz, Ö., 2005. Deprem Bölgelerinde Hafif Çelik Yapım Sistemleriyle Üretilen Konutların Uygulanabilirliği, Deprem Sempozyumu, Mart, Kocaeli, Bildiriler Kitabı: 670-678.
- Elliott, K. S., 2017. Precast Concrete Structures, 2. Baskı, Taylor & Francis, CRC Press, Boca Raton.
- Er, E., 1989. Toplu Konut Alanında Türkiye Koşullarına Uygun Teknoloji Sorunu, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ercan, Ş., 2000. Konut Alanında Endüstrileşmenin Sorunları ve Geleceği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erdoğan, N., 1984. Konutta Ekipman Alt Sisteminin Modüler Koordinasyon Sorunları, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Eren, T., 2004. Konut Yapımında Gelişmiş Ahşap ve Hafif Çelik İskelet Sistemlerin Temel Yapı Elemanları Düzeyinde Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eren, Ö., 2014. Büyük Açıklıklı Çelik Yapılar, 1. Baskı, Arı Sanat Yayınevi, İstanbul.
- Eren, Ö., 2014b. Hafif Çelik Yapı Tasarım Konstrüksiyon Uygulama, 1. Baskı, Arı Sanat Yayınevi, İstanbul.
- Erkoç, E., 2004. Günümüz Teknolojisiyle Üretilen Ahşap Konutların Tasarım-Uygulama-Kullanım Üçgeninde Değerlendirilmesi (İstanbul Örnekleri), Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erturan, B., ve Eren, Ö., 2012. Modüler Yapım Tekniği ile Bina Etkinliğini ve Verimliliğini Geliştirme Yaklaşımının Değerlendirilmesi. *Engineering Sciences*, 7, 4, 677-695.
- Eser, L., 1982. Ön yapım endüstrileşmiş yapı, İTÜ Matbaası, İstanbul.
- Eşiyok, Ü., 2000. Konut Üretiminde Prefabrikasyona Bağlı Teknolojiler, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ete İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti., 2014. Deprem Dayanım Performansı Yüksek Prekast Yapı Sistemi ve Altyapı Elemanları, Van. Erişim Adresi: <http://www.etebeton.com.tr/-Content-ebrosur>. 15.08.2018.
- Ete İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti., 2014b. Depreme Dayanıklı Prekast Çift Duvar ve Döşeme Sistemleri, Van. Erişim Adresi: <http://www.etebeton.com.tr/-Content-ebrosur>. 16.08.2018.
- fib, 2008. Structural connections for precast concrete buildings, Almanya. Erişim adresi: https://www.istructe.org/fibuk/files/fib_bull43_nmg.pdf. 13.10.2018.

- Gassel, van, F. J. M. ve Roders, M. J., 2006. A Modular Construction System : How to Design Its Production Process, *International Conference on Adaptable Building Structures*, Temmuz, Eindhoven, Bildiriler Kitabı: 12.1-12.6.
- Giriunas, K., Sezen, H. ve Dupaix, R. B., 2012. Evaluation, Modeling, and Analysis of Shipping Container Building Structures, *Engineering Structures*, 43, 48-57.
- Güneş, M.E., 2014. Geleneksel Ahşap Yapılarda Taşıyıcı Sistem Kurgusunun İncelenmesi: Safranbolu Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gürel, Y., 2018. Çok Katlı Ahşap Yapıların Deprem Yüğü Altında Performanslarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hasol, D., 2010. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü. YEM Yayın, İstanbul.
- Haw, K. X., ve Abdul Majid, M. Z., 2009. Barriers in the Implementation of Industrialized Building System in Malaysian Construction Industry. Unpublished, Universiti Teknologi Malaysia, Malezya.
- Islam, H., Zhang, G., Setunge, S. ve Bhuiyan, M. A., 2016. Life Cycle Assessment of Shipping Container Home: A Sustainable Construction. *Energy and Buildings*, 128, 673-685.
- Kamar, K. A. M., Hamid, Z. A., Azman, M. N. A. ve Ahamad, M. S. S., 2011. Industrialized Building System (IBS): Revisiting Issues of Definition and Classification. *International Journal of Emerging Sciences*, 1,2, 120-133.
- Kargılı, F., 2005. Prefabrike Betonarme Panolu Yapıların Teşkilî, Tasarımı ve Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kayalar, R., 2010. Geniş Açıklıklı Binalarda Belirli Kimi Taşıyıcı Sistemlerin Malzeme ve Formlarının Açıklık Geçme Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kim, J. ve You, Y. C., 2015. Composite Behavior of a Novel Insulated Concrete Sandwich Wall Panel Reinforced with GFRP Shear Grids: Effects of Insulation Types, *Materials*, 8, 3, 899-913.
- Knaack, U., Chung-Klatte, S. ve Hasselbach, R., 2012. Prefabricated Systems: Principles of Construction, Birkhauser, Basel.
- Koncz, T., 1977. Prefabrikasyona Giriş, Yapı Merkezi, İstanbul.
- Koncz, T., 1969. Manual of Precast Concrete Construction System Building with Large Panel Panels, Berlin.

- Koman, İ. ve Gür, N.V., 2014. Modüler Yapımda Güncel Yaklaşımlar, Mimarist Kış Sayısı, 40-44.
- Lawson, M., Ogden, R. ve Goodier, C., 2014. Design in Modular Construction, CRC Press, Boca Raton.
- Lawson, R. M., Grubb, P. J., Prewer, J. ve Trebilcock, P. J., 1999. Modular construction using light steel framing: an architect's guide, Steel Construction Institute, İngiltere.
- Manual, T. C., 2012. American Institute of Timber Construction, 6. Baskı, Wiley & Sons, New Jersey.
- Midon, M. S., Pun, C. Y., Tahir, H. M. ve Kasby, N. A. M., 1996. Construction Manual of Prefabricated Timber House, Forest Research Institute, Malezya, pp14.
- Natterer, J., 1976. Rosttragwerke aus Holz. DBZ, 9, 512-515.
- Ngoenchuklin, C., 2014. Feasibility of Implementing Prefabricated US Products and Methods for Residential Construction in Thailand, Doktora Tezi, Georgia Teknoloji Enstitüsü, ABD.
- Oliewy, M. Q., Mustapha, K. N. ve Mohammad, B. S., 2009. Advantages of Industrialized Building System in Malaysia, Research and Development IEEE Student Conference 2009 (SCORED-2009), ABD.
- Öztank, N., 2004. Orta Yükseklikteki (4-8 Kat) Konut Yapılarında Ahşap Teknolojisinin Uygulanabilirliği, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Parlar, E., 2000. Ahşap Prefabrike Sistemler ve Uygulama Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- PCI, 2007. Designing with Precast and Prestressed Concrete, Chicago. Erişim Adresi: http://www.gcpci.org/index.cfm/precast_solutions/primer. 18.10.2018.
- Pujadas Gispert, E., 2016. Prefabricated Foundations for Housing Applied to Room Modules, Doktora Tezi, Katalunya Politeknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Barselona.
- Qian, X. ve Astaneh-Asl, A., 2016. Development of a High-Performance Steel Plate Shear Wall System, International Journal of Earthquake and Impact Engineering, 1, 1-2, 57-80.
- Sağlam, B.A., 2009. Büyük Açıklıklı Yapılarda Prefabrike Betonarme, Çelik ve Tutkallı Tabakalanmış Ahşap Dolu Gövdeli Kirişlerin Karşılaştırılması ve Bir Örnek Üzerinden İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Sey Y. ve Tapan M., 1987. Toplu Konut Üretiminde Uygulanan Yapım Sistemlerinin Analizi ve Değerlendirilmesi, TÜBİTAK Yapı Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Sezer, G.T., 2015. Modüler Hücre Yapım Sistemlerinin Çok Katlı Yapılarda İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Shahi, A., 2012. Prefabricated Housing and LEED, Tez, Ryerson Üniversitesi, Kanada.
- Smith, R. E., 2010. Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Staib, G., Dörrhöfer, A. ve Rosenthal, M., 2008. Components and Systems: Modular Construction–Design Structure New Technologies, Edition Detail-Institut für internationale Architektur-Dokumentation, Münih.
- Şuta, O., 2016. Edirne’de 1980’den Günümüze Toplu Konutun Gelişimi-Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Tapan, M., 1973. Betonarme Büyük Boyutlu Prefabrike Elemanlarla Çok Katlı Konut Üretiminde Tasarım Kısıtlamaları Üzerine Bir Araştırma, İstanbul Teknik Üniversitesi Baskı Atölyesi, İstanbul.
- Tapan, M. ve Sey, Y., 1987. Toplu Konut Üretiminde Türkiye’de ve Yabancı Ülkelerde Uygulanan Yapım Sistemlerini Tanıtma Kataloğu, Yapı Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- TDK, 2011. Büyük Türkçe Sözlük. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.
- Terim, B., 2006. Hafif Çelik Çerçeve Sistem, Ege Mimarlık, 56, 44-47.
- Toka, F., 2003. Türkiye’deki Kalıcı Prefabrike Konut Sistemlerinin Örnek Bazında Analizi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tunçkol, P., 2012. Ahşap Yığma Sistem Kuruluşu ve Gelişmiş Üretim Yönteminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Türkçü, Ç., 1988. Endüstrileşmiş Yapım Konut Sorunu Açısından İrdelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İzmir.
- Urfalı, F.K., 2012. Güncel Çelik Yapı Sistemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Van de Kuilen, J. W. G., Ceccotti, A., Xia, Z. ve He, M., 2011. Very Tall Wooden Buildings with Cross Laminated Timber, Procedia Engineering, 14, 1621-1628.

- Warszawski, A., 1999. Industrialized and Automated Building Systems, Technion-Israel Institute of Technology, E and FN Spoon.
- Yapı Merkezi Prefabrikasyon A.Ş., t.y. Panelton el kitabı, İstanbul. Erişim Adresi: http://insaatmuh.cbu.edu.tr/db_images/site_115/file/Prefabrike.pdf. 12.08.2018.
- Yıldırım, S. G., 2003. Hafif Çelik Taşıyıcılı Endüstrileşmiş Konutlarda Tasarım Verileri, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, G.D., 2011. Ahşap Kompozit Elemanlarla Oluşturulmuş Geniş Açıklıklı Sistemlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ytong Sanayi A.Ş., t.y. Ytong Donatılı Yapı Elemanları, İstanbul. Erişim Adresi: <http://ytong.com.tr/tasiyici-dusey-duvar-elemanlari.asp>. 13.08.2018.
- URL-1, <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> Türkiye İstatistik Kurumu. 15 Haziran 2018.
- URL-2, <https://www.britannica.com/topic/Crystal-Palace-building-London> Crystal Palace. 29 Haziran 2018.
- URL-3, <https://www.borgtimberhouse.co.uk/information/post-and-beam> İskelet Sistem. 29 Kasım 2018.
- URL-4, <http://oberbeton.ua/en/columns> Prefabrike Beton Kolonlar. 17 Kasım 2015.
- URL-5, https://www.bca.gov.sg/emailsender/BuildSmart-032015/microsite/01_BCA_Works_with_MOH_to_Adopt_Productive_Technologies.shtml Prefabrike Beton Hibrit Yapı Örneği. 15 Kasım 2018.
- URL-6, <http://www.reichel-architekten.de/index.php?id=703> Stadvilla Apartmanı. 23 Aralık 2018.
- URL-7, <http://www.world-housing.net/WHEReports/wh100071.pdf> Seria KUB Apartmanı. 29 Aralık 2018.
- URL-8, <http://kallesoemachinery.com/products/wood/laminated-wood-products/glulam.aspx> Glulam. 25 Kasım 2018.
- URL-9, <http://www.europeanwood.org.cn/en/laminated-strand-lumber> LSL. 25 Kasım 2018.
- URL-10, <http://www.fixsproject.com/parallam-beam-prices/parallam-psl-beams-weyerhaeu-ser-parallam-beam-prices/> PSL. 25 Kasım 2018.
- URL-11, <https://www.indiamart.com/proddetail/laminated-veneer-lumber-19724343155.html> LVL. 25 Kasım 2018.

- URL-12, <http://advancedtimber.com.au/product/200-x-90-h2-i-joistspan-variable-lengths-12-55m-2/> I Kiriş. 25 Kasım 2018.
- URL-13, <https://www.canadianarchitect.com/architecture/worlds-tallest-timber-tower/-1003734324/> Prefabrike Birleşim Elemanı. 25 Kasım 2018.
- URL-14, https://www.building.ca/features/new-carbon-architecture-net-zero/160620_-fii_185/ Prefabrike Ahşap İskelet Sistem ile Hibrit Yapı Örneği. 25 Kasım 2018.
- URL-15, <https://www.greenbuildingadvisor.com/article/a-timber-frame-house-for-a-cold-climate-part-1> Kolon-kiriş Sistem Örneği. 26 Kasım 2018.
- URL-16, https://www.swedishwood.com/inspired_by_wood/buildings/vallen-in-vaxjo/ Vallen in Växjö. 22 Aralık 2018.
- URL-17, http://www.forum-holzbau.com/pdf/39_IHF_2015_Johannson.pdf Vallen in Växjö. 22 Aralık 2018.
- URL-18, <http://skidrow.org/buildings/new-genesis-apartments/> New Genesis Apartmanı. 21 Aralık 2018.
- URL-19, <http://brighamien.com/blog/page/54/> New Genesis Apartmanı. 21 Aralık 2018.
- URL-20, <https://www.archdaily.com/791642/house-1-alice-studio-architects> House One. 21 Aralık 2018.
- URL-21, http://aliceblogs.epfl.ch/years/y1_2015-16/category/house-one House One. 21 Aralık 2018.
- URL-22, <http://innovation-home.ru/> Çelik İskelet Sistemli Yapı Örneği. 4 Aralık 2018.
- URL-23, <https://www.lubbockonline.com/life/2010-11-04/.UMeND4MsCSO> Çelik İskelet Sistemli Konut Örneği. 22 Ocak 2019.
- URL-24, <https://www.worldsteel.org/> Sıcak Haddelenmiş Çelik. 4 Aralık 2018.
- URL-25, <https://www.reliance-foundry.com/blog/hot-vs-cold-rolled-steel#gref> Soğuk Haddelenmiş Çelik. 4 Aralık 2018.
- URL-26, <https://www.b52two.org/tag/cold-formed-steel-machine> Soğuk Haddelenmiş Çelik. 4 Aralık 2018.
- URL-27, <http://www.arch.mcgill.ca/prof/friedman/arch240/winter1998/lecture10/lecture-10.html> Hafif Çelik İskelet Sistem. 5 Aralık 2018.
- URL-28, <httpwww2.argos.comwebargossteel> Hafif Çelik İskelet Sistem Strüktürü. 5 Aralık 2018.

- URL-29, <http://www.gdlixin.net/singapore-design-steel-structure-hotel-apartment-building.html> Steel Apartment. 20 Aralık 2018.
- URL-30, http://www.aksanyapi.com/en_US/referans-projeler/ankanatura/ Ankanatura. 19 Aralık 2018.
- URL-31, <https://www.wbdg.org/resources/structural-insulated-panels-sips> Panel Sistemli Yapı Örneği. 29 Kasım 2018.
- URL-32, <https://architengineerblog.wordpress.com/2015/12/24/top-10-energy-efficient-construction-techniques/> Beton çatı paneli. 4 Kasım 2018.
- URL-33, <https://www.jpconcrete.co.uk/precast-concrete-stairs/> Beton merdiven paneli. 4 Kasım 2018.
- URL-34, <http://www.danishgreentech.com/index.php/shop/building/hebel-power-panel-1252-1253-detail> Beton döşeme paneli. 4 Kasım 2018.
- URL-35, <https://superiorwallsmanitoba.ca/blog/2016/12/14/build-year-long-precast-concrete-walls/> Beton duvar paneli. 4 Kasım 2018.
- URL-36, <http://lireos.com/blog/kitchen-remodeling-choosing-your-new-kitchen-cabinets/> Beton panel hibrit yapı. 5 Kasım 2018.
- URL-37, https://www.pci.org/PCI/Resources/About_Precast/Walls/PCI/Design_Resources/About_Precast/Walls.aspx?hkey=d673d0db-9839-4157-acb5-f61f6ae62743 PCI Wall/Precast Concrete. 4 Eylül 2018.
- URL-38, <https://www.wright.ie/product/customised-wall-panels/> Customised Wall Panel. 4 Eylül 2018
- URL-39, https://oldcastleprecast.com/oldcastle_product/12-solid-slabs/ Solid Slab Panel. 24 Eylül 2018.
- URL-40, <http://etebeton.com.tr/Content-prekastUretimUrunleri-0-411> Prekast Çift Duvar. 4 Eylül 2018
- URL-41, https://www.archiproducts.com/en/products/progress/prefabricated-reinforced-concrete-panel-double-wall_41958 Prefabricated Reinforced Concrete Panel. 6 Eylül 2018.
- URL-42, <http://www.prefab.org.tr/tr/bosluklu-doseme/sayfa/6.aspx> Boşluklu Döşeme 7 Eylül 2018.
- URL-43, https://oldcastleprecast.com/oldcastle_product/8-hollowcore-plank/ Hollow Core Panel. 24 Eylül 2018.
- URL-44, https://oldcastleprecast.com/oldcastle_product/16-double-tee/ Nervürlü Panel. 20 Kasım 2018.

- URL-45, <https://harakekeconsultants.co.nz/on-site-construction/> On-Site Construction. 5 Nisan 2018.
- URL-46, http://www.tecnologieedili.it/solai_prefabbricati_verona Solai Prefabbricati. 10 Mart 2018.
- URL-47, <http://ytong.com.tr/images/tasiyici-dusey-duvar-paneli-01-l.jpg> Gazbeton Panel. 16 Şubat 2018.
- URL-48, <https://www.stubbes.org/inform.php?projid=15&projcatid=1&nv=228> King and Lyle Apartments. 1 Eylül 2018.
- URL-49, <https://precast.org/2016/08/total-precast-project/> Total Precast Project. 1 Eylül 2018.
- URL-50, <https://www.london.ca/business/Planning-Development/urban-design/Documents/2015-Urban-Design/2015-03-18/Urban-Design-Brief-700-King-Street-2015-03-15.pdf> King and Lyle Apartments. 1 Eylül 2018.
- URL-51, <http://www.hamdanconsult.com/project15.html> Juman Village. 15 Eylül 2018.
- URL-52, <http://espac.com/Projects.aspx> Juman Village. 15 Eylül 2018.
- URL-53, http://www.archiexpo.com/prod/donaldson-timber-engineering/product-64333-599756.html#product-item_599812 Ahşap çatı paneli. 4 Kasım 2018.
- URL-54, <http://canacopegdl.com/single.php?id=http://windrivertimberframes.com/wp-content/uploads/2012/10/structural-insulated-panels-roof-enclosure-02.jpg> Ahşap çatı paneli. 4 Kasım 2018.
- URL-55, <https://www.eboss.co.nz/library/x-lam-cross-laminated-timber/xlam-airstair> Ahşap merdiven paneli. 4 Kasım 2018.
- URL-56, <http://woodpanelsranugisa.blogspot.com/2017/04/structural-wood-panels.html> Ahşap döşeme paneli. 4 Kasım 2018.
- URL-57, <http://www.archiexpo.com/prod/donaldson-timber-engineering/product-64333-599812.html> Ahşap döşeme paneli. 4 Kasım 2018.
- URL-58, <http://woodpanelsranugisa.blogspot.com/2017/04/structural-wood-panels.html> Ahşap duvar paneli. 4 Kasım 2018.
- URL-59, <https://www.woodsolutions.com.au/blog/8-French-Tall-Timber-Storeys> Ahşap panel hibrit yapı. 5 Kasım 2018.
- URL-60, <https://chemical-materials.elsevier.com/new-materials-applications/global-warming-carbon-dioxide-buildings-and-clt/> Chemical Materials. 7 Temmuz 2018.

- URL-61, <http://www.barprostorage.co.za/insulated-cold-store-panels-history/> İnsulated Cold Store Panels. 9 Temmuz 2018.
- URL-62, http://wiki.diyfaq.org.uk/index.php/Stud_wall Stud Wall. 7 Temmuz 2018.
- URL-63, <https://www.binderholz.com/en/construction-solutions/single-family-house/single-family-house-graz-austria/> Single Family House. 8 Temmuz 2018.
- URL-64, <http://soiaya.win/structural-insulated-panel-house-plans/infographic-the-benefits-of-structural-insulated-panels/> Structural İnsulated Panel Home. 9 Temmuz 2018.
- URL-65, <https://www.binderholz.com/en/construction-solutions/residential-buildings/dalston-lane-london-great-britain/> Dalston Lane. 28 Ağustos 2018.
- URL-66, <https://www.archdaily.com/890992/shotgun-house-alejandro-soffia> Shotgun House. 3 Eylül 2018.
- URL-67, <http://voyacelik.com/tr/hafif-celik/cati-sistemleri/cati-makas-sistemi-4.html> Çelik makas. 4 Kasım 2018.
- URL-68, <http://www.paradijsvogelbosje.nl/blog/349-dak-erop> Çelik çatı paneli. 4 Kasım 2018.
- URL-69, <http://www.newsteelconstruction.com/wp/best-practice-for-light-steel-framing/> Çelik döşeme paneli. 4 Kasım 2018.
- URL-70, <http://www.powerwallgroup.com/light-gauge-steel> Çelik duvar paneli. 4 Kasım 2018.
- URL-71, <https://www.tpsteel.com.au/staircase-fabrication/> Çelik merdiven. 4 Kasım 2018.
- URL-72, https://www.steelconstruction.info/Infill_walling Çelik panel hibrit yapı. 5 Kasım 2018.
- URL-73, <https://www.canadianconsultingengineer.com/features/steel-plate-shear-walls/> Steel Plate Shear Walls. 3 Eylül 2018.
- URL-74, <http://www.wikizero.co/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvU3RlZWxfcGxhdGVfc2hlYXJfd2FsbA> Steel Plate Shear Wall. 3 Eylül 2018.
- URL-75, <http://exp.ncree.org/spsw/Gallery.htm> Two Storey Steel Plate Shear Wall. 4 Eylül 2018.
- URL-76, <http://www.lightgauge-solutions.com/wallpanels.html> Light Gauge Steel Wall Panel. 7 Eylül 2018.

- URL-77, <https://yumi-steel.en.made-in-china.com/product/dywQXxoHERWY/China-EPS-Foam-Sandwich-Panel-with-Metal-Steel-Sheet-for-Cover.html>. Steel EPS Sandwich Panel. 11 Eylül 2018.
- URL-78, <http://swedsteel-metecno.com/en/products/heat-insulated-sandwich-panels/> Heat Insulated Sandwich Panel. 11 Eylül 2018.
- URL-79, <https://www.indiamart.com/proddetail/sandwich-panel-for-caravans-9233982433.html> Steel Sandwich Panel. 14 Eylül 2018.
- URL-80, http://www.steel framing.org/PDF/SFA_Framing_Guide_final%202.pdf Steel Framing Guide. 8 Eylül 2018.
- URL-81, <http://www.es-ko-angola.com/what-we-do/modular-panel-system-steel/> Modular Steel Panel System. 9 Eylül 2018.
- URL-82, <https://en.hooshmandsazeh.com/projects/dataile/1741/> Shahrads Town. 16 Eylül 2018.
- URL-83, <https://yumi-steel.en.made-in-china.com/product/dywQXxoHERWY/China-EPS-Foam-Sandwich-Panel-with-Metal-Steel-Sheet-for-Cover.html> Prefabrike Ev. 15 Eylül 2018.
- URL-84, <https://www.bdcuniversity.com/mbi-modular-construction> Modüler Konstrüksiyon. 29 Kasım 2018.
- URL-85, <http://www.corrections.com/articles/15394-piece-by-piece> Beton Hücre Yapımı. 13 Ekim 2018.
- URL-86, <https://www.versatiletanks.com.au/wine-cellars/> Prefabrike Beton Merdiven Modülü. 3 Kasım 2018.
- URL-87, <https://www.wayconprecast.com/> Prefabrike Beton Çekirdek Modülü. 3 Kasım 2018.
- URL-88, <https://pceltd.co.uk/10622-paradise-update-14-offsite-engineered-precast-concrete-modular-units/> Prefabrike Beton Çekirdek Modülü. 3 Kasım 2018.
- URL-89, <https://www.forconstructionpros.com/concrete/equipment-products/article/102924-99/the-fury-of-hurricane-ike-is-no-match-for-concrete-modular-buildings> Prefabrike Beton Yaşam Mekanı ve Çatı Modülü. 3 Kasım 2018.
- URL-90, http://www.bftinternational.com/en/artikel/bft_Modular_Housing_System_for_earthquake-proof_living_space_in_Peru_2313177.html Prefabrike Beton Çatı Modülü. 3 Kasım 2018.
- URL-91, <https://www.atlasconcrete.co.uk/lift-shaft/> Çekirdek Modülü. 3 Kasım 2018.

- URL-92, <http://www.compacthabit.com/modular-solutions/characteristics/> İskelet Sistemli Beton Hücre. 13 Ekim 2018.
- URL-93, https://oldcastleprecast.com/oldcastle_product/ Beton Hücre. 13 Ekim 2018.
- URL-94, <https://inhabitat.com/tiny-homes-made-of-concrete-pipes-could-be-the-next-big-thing-in-micro-housing/> Concrete Pipes. 15 Ekim 2018.
- URL-95, <http://www.compacthabit.com/project/affordable-housing-banyoles/> Habitatges Universitaris a Banyoles Apartmanı. 29 Aralık 2018.
- URL-96, <http://www.dubox.me/projects/#> Dubox Villa Prototipi. 20 Ekim 2018.
- URL-97, <http://www.ecobuilding.org/green-building/project-spotlights/alley-2-leed-platinum-in-madison-valley-2> Alley Evi. 3 Kasım 2018.
- URL-98, <http://moduroof.co.uk/residential/> Ahşap Modüler Çatı. 3 Kasım 2018.
- URL-99, <http://tourtravels.info/factory-manufactured-homes/factory-manufactured-homes-modular-mobile-built-uber-home-decor-19/> Ahşap Modüler Çatı. 3 Kasım 2018.
- URL-100, http://wood-works.ca/wp-content/uploads/Edmonton_wood-fair_marina.pdf Treet Binası. 3 Kasım 2018.
- URL-101, <https://www.archdaily.com/891443/eth-zurich-uses-robots-to-construct-three-story-timber-framed-house> Ahşap Modüler Sistem Destek Elemanı. 3 Kasım 2018.
- URL-102, <https://www.ubuild.es/en/constructive-system/> The constructive system. 27 Eylül 2018.
- URL-103, <http://www.duopuu.eu/prototypes/> Wood modular prototypes. 27 Eylül 2018.
- URL-104, <http://welcomehomb.com/projects/residential/kaja/> Taft Evi. 3 Ekim 2018.
- URL-105, <http://skylabarchitecture.com/work/homb-taft/> Taft Evi. 3 Ekim 2018.
- URL-106, <https://www.archdaily.com/885346/homb-taft-house-skylab-architecture> Taft Evi. 3 Ekim 2018.
- URL-107, <http://assets.storaenso.com/se/buildingandliving/ProductServicesDocuments> Multistorey Building CLT Panel. 18 Temmuz 2018.
- URL-108, <http://bimformation.co.nz/pre-fabrication-construction/> Pre-fabrication in Construction. 6 Ekim 2018.

- URL-109, <https://www.thesun.co.uk/news/4844327/building-firm-claims-it-can-attach-a-ready-made-45k-extension-to-your-home-in-just-two-weeks/> Çelik Çatı Modülü. 1 Kasım 2018.
- URL-110, <http://www.clarksmodular.co.uk/> Çelik Çekirdek Modülü. 1 Kasım 2018.
- URL-111, https://www.steelconstruction.info/Modular_construction Çelik Hücre Hibrit Yapı. 1 Kasım 2018.
- URL-112, <http://www.hta.co.uk/news/posts/modular-housing-hits-the-heights-in-north-london-2> Çelik Hücre Hibrit Yapı. 1 Kasım 2018.
- URL-113, <https://www.changemakers.com/sustainableurbanhousing/entries/non-combustible-steel-framed-modular-construction> İskelet Sistemli Prefabrike Çelik Hücre. 6 Ekim 2018.
- URL-114, https://shipped.com/media/picture/20ft-shipping-container-3d-model-obj-3ds-fbx-c4d-lwo-lw-lws-7/category/50-shipping_container_3d_renderings Shipping Container. 8 Ekim 2018.
- URL-115, <http://www.newsteelconstruction.com/wp/kingspan-backs-off-site-boom/> Steel framing modüle. 6 Ekim 2018.
- URL-116, <https://www.detail-online.com/article/geometrically-modified-carroll-house-in-new-york-city-32951/> Carroll Evi. 11 Ekim 2018.
- URL-117, <https://www.designboom.com/architecture/lot-ek-carroll-house-shipping-container-brooklyn-new-york-10-10-2017/> Carroll Evi. 11 Ekim 2018.
- URL-118, <http://narchitects.com/work/carmel-place/> Carmel Place. 20 Ekim 2018.
- URL-119, <https://www.sanalsantiye.com/beton-cesitleri-ve-temel-ozellikleri/> Beton Çeşitleri. 19 Kasım 2018.
- URL-120, <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Trafik/KanunYonetmelik/128MaddeDegisiklik.pdf> Kara yolları trafik yönetmeliği. 29 Eylül 2018.
- URL-121, <http://www.dorukair.com.tr/tr/kargo-helikopterleri> Kargo helikopterleri. 29 Eylül 2018.
- URL-122, <https://www.woodproducts.fi/tr/content/standart-boyutlar-kalinlik-genislik-ve-uzunluk> Ahşap Boyutları. 27 Kasım 2018.
- URL-123, <http://www.lilleheden.co.uk/why-glulam/strength> Prefabrike Ahşap İskelet Sistem Elemanı. 29 Kasım 2018.
- URL-124, <https://www.ns-kenzai.co.jp/english/building/pdf/LightGauge.pdf> Hafif Çelik Profiller. 6 Aralık 2018.

- URL-125, https://www.pci.org/PCI_Docs/Design_Resources/Misc/Sandwich%20Wall%20Panels%20Guide.pdf Precast/Prestressed Concrete Sandwich Wall Panel. 5 Nisan 2018.
- URL-126, <http://www.akat.com.tr/images/pdf/Akat-Prefabrik-Cift-Duvar-Sistemi.pdf> Çift Duvar Sistemi. 7 Nisan 2018.
- URL-127, <https://www.binderholz.com/en/basic-products/clt-bbs/> CLT Panel. 10 Temmuz 2018.
- URL-128, http://www.derix.de/data/XLAM_Derix_EN.pdf Cross-Laminated Timber. 15 Temmuz 2018.
- URL-129, http://www.quacent.com/Q/index.php?option=com_content&view=article&id=181&Itemid=75&lang=en The 7th China International Exhibition on Housing. 13 Temmuz 2018.
- URL-130, <https://www.interiorarchitecture.ohiou.edu/ziff/hcia350/Weights%20of%20Materials.pdf> Weight of Wall and Partitions. 15 Temmuz 2018.
- URL-131, <http://www.clt.info/en/product/technical-specifications/thermal-protection/> Thermal Protection. 16 Temmuz 2018.
- URL-132, <https://www.binderholz.com/en/basic-products/clt-bbs/> CLT BBS Panel. 15 Temmuz 2018
- URL-133, <https://www.sips.org/about/frequently-asked-questions-faqs-regarding-structural-insulated-panels-sips#u> SIP's. 14 Temmuz 2018.
- URL-134, <http://swedsteel-metecno.com/en/products/heat-insulated-sandwich-panels/> Heat Insulated Sandwich Panel. 13 Eylül 2018.
- URL-135, https://www.aisc.org/globalassets/modern_steel/archives/2005/04/2005v04_steel_plate.pdf Steel Plate Shear Walls. 15 Eylül 2018.
- URL-136, <http://constructalia.arcelormittal.com/files/european%20lightweight%20steel-framed%20construction--627c1249e5c97aecee4a7eb06658b457.pdf> Light Weight Steel Framed. 5 Eylül 2018.
- URL-137, https://www.clarkdietrich.com/sites/default/files/imce/pdf/SupportTools/Catalogs/IntroToFraming/CD_IntroToFraming_2-11-14.pdf Steel Framing. 6 Eylül 2018.
- URL-138, https://www.swedishwood.com/about_wood/choosing-wood/building-with-wood/ Wood in construction process. 29 Eylül 2018.

URL-139, <https://www.storaenso.com/-/media/Documents/Download-center/Documents/-Product-brochures/Wood-products/Design-Manual-A4-Modular-element-buildings20161227finalversion-40EN.ashx> Modular element buildings. 30 Eylül 2018.

URL-140, https://www.steelconstruction.info/Modular_construction Modular Construction. 10 Ekim 2018.



ÖZGEÇMİŞ

Güray Yusuf BAŞ, 1993 yılında Artvin’de doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini Artvin’de; lise öğrenimini Trabzon’da görmüştür. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü’nde başladığı lisans eğitimini, 2015 yılında “mimar” ünvanı ile tamamlamıştır ve aynı yıl yüksek lisans çalışmasına başlamıştır. Aralık 2015 tarihinde ÖYP Programı ile Amasya Üniversitesi Mimarlık Fakültesine atanan Baş, Karadeniz Teknik Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak görevini sürdürmektedir ve İngilizce bilmektedir.

