



## Prefabrike Beton Panel Sistemlerin Konut Üretiminde Kullanım Olanakları

**Arş.Gör. Güray Yusuf BAŞ\*<sup>1</sup>, Dr.Öğr.Üyesi Nilhan VURAL<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ), Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, 61080, Türkiye; gurayyusufbas@ktu.edu.tr

<sup>2</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ), Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, 61080, Türkiye; nvural@ktu.edu.tr

\*Sorumlu yazar: gurayyusufbas@ktu.edu.tr

### ÖZET

Konut üretiminde kullanılan prefabrike beton panel sistemler hakkında rehber niteliğinde bir kaynak oluşturmayı amaçlayan çalışmada prefabrike beton paneller, boyutlarına göre büyük boy, orta boy ve küçük boy paneller olmak üzere 3 başlıkta sınıflandırılmış ve analiz edilmiştir. Belirlenen 19 kriter ( elemanın üretim yeri, eleman tipi, malzeme, yaygın modüler boyut, boyut sınırlaması, ağırlık, kat sınırlaması, döşemede geçilebilen açıklık, tasarım esnekliği, yüzey özelliği, maliyet, nakliye, montaj araçları, işçilik, prefabriklik derecesi, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, yangın güvenliği ve sürdürülebilirlik) doğrultusunda yapılan analizler değerlendirildiğinde prefabrike beton paneller ile sınıflarına bağlı olarak az ya da çok katlı, yüksek izolasyonlu, güvenli, geniş açıklıklı, geri dönüşüme uygun ve üretim aşamasında malzeme sarfiyatı az olan konutlar üretilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu olumlu özelliklerinin yanı sıra prefabrike büyük boy beton panellerin, tasarım kısıtlamaları, maliyetinin yüksek olması ve geniş kapsamlı taşıma-montaj araçları gerektirmesi; prefabrike küçük ve orta boy panellerin ise işçilik ve maliyetinin yüksek olması gibi olumsuz özellikleri vardır. Yapılan çalışma, prefabrike beton panellerin mimari projelerde kullanımına yöneliktir, statik hesaplamalar kapsam dışıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Prefabrikasyon, Beton Panel Sistemler, Konut, TasarımRehberi.

### 1.GİRİŞ

Prefabrikasyon, endüstrileşmiş yapım ilkelerinin başında gelmektedir ve kavram olarak, yapıyı oluşturacak bileşenlerin, fabrikalarda, atölyelerde veya şantiye alanında kurulmuş tesislerde önceden üretilmesini ifade etmektedir. Diğer bir deyişle "ön yapıdır.

Prefabrikasyon, yaşadığımız çağda hayatımızın tümüyle içine girmiştir. Endüstriyel üretim olarak kabul edilmeyen ürünleri oluşturan alt malzeme grubu, bir başka üreticinin yaptığı endüstriyel üretim olabilmektedir. Taşıyıcı sistem üretimi farklı yöntemlerle yapılsa da, her yapı, içerisinde prefabrike yapım tekniğini barındırmaktadır. Geleneksel kabul edilen yerinde dökme yapım şeklinin içindeki pencereler, kapılar, tesisat elemanları, tuğlalar, hazır betonlar, çelik elemanlar, ahşap elemanlar ve daha birçok yapı elemanı önceden üretilerek şantiye alanına getirilmektedir. Prefabrike yapım derecesi az olmasına rağmen yapılar endüstrileşmenin avantajlarını kullanmaktadırlar. Yapıdaki prefabrike yapım derecesini artırmanın öncelikli yolu, yapının taşıyıcı sistemini prefabrike elemanlar ile oluşturmaktır ("Prefabrike", t.y.).

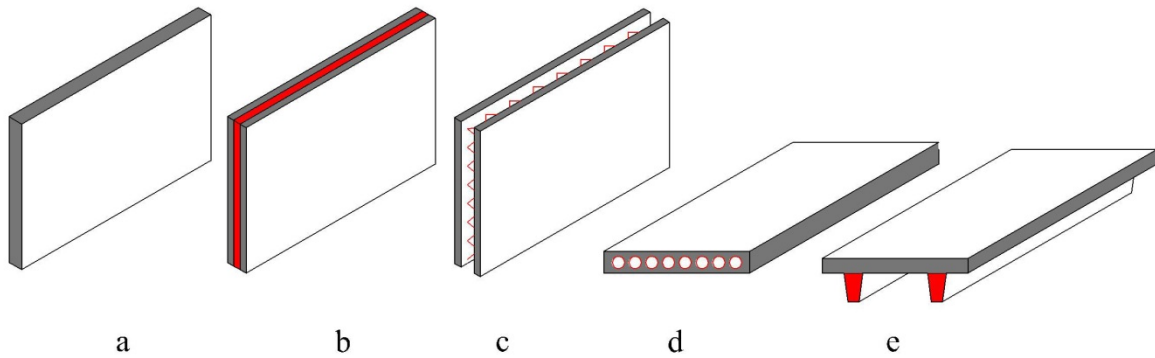
Prefabrike yapım sistemleri günümüze kadar pek çok biçimde sınıflandırılmıştır: malzemesine göre, boyutuna göre, ağırlığına göre vb. En genel sınıflandırma olarak prefabrikasyonun derecesine göre olanı kabul görmektedir. Bu sınıflandırmada yapı elemanın bitmişlik düzeyi prefabrikasyonun derecesini anlatmaktadır. Prefabrikasyonun derecesine göre sınıflandırma: iskelet sistemler, panel sistemler, hücre sistemler ve bunların aynı yapıda birbirleriyle kombine halde üretildiği karma sistemler şeklindedir ve sistemler farklı yapı malzemeleri (beton, ahşap, çelik, vb.) kullanılarak üretilebilmektedir.

Bu çalışmada, konut yapımında kullanılan prefabrike beton panel sistemler sınıflandırılmış, bu sistemler ile ilgili gereken özellikleri içeren bir analiz tablosu oluşturulmuş ve yapılan çalışmanın konut üretiminde kullanılan beton panel yapım

sistemleri hakkında rehber niteliğinde bir kaynak olması amaçlanmıştır. Yapılan çalışma, prefabrike beton panellerin mimari projelerde kullanımına yöneliktir, statik hesaplamalar kapsam dışıdır.

Paneller, tek ya da birden fazla parçanın birleşimi ile yapıda kullanılacakları bölgenin (duvar, döşeme vb.) hacmini oluşturan elemanlardır; kaplama, bölme ve taşıyıcı elemanı olarak kullanılabilirler. Birçok farklı malzemeden üretilen paneller (beton, ahşap, çelik vb.), kullanım amacına göre geniş kaynak olanağı bulabilmektedir (Eser, 1982).

Prefabrike beton paneller, bünyesindeki doluluk-boşluk ve kullanılan katmanların farklılaşmasına göre birbirinden ayrılabilirler. Dolu kesitli beton paneller, boşluklu beton paneller, sandviç paneller, nervürlü paneller ve çift duvar paneller olmak üzere 5 tip beton panel tipi bulunmaktadır (Şekil 1). Birden çok katmandan oluşan ve genellikle bünyesinde yalıtım katmanı da bulunduran sandviç paneller, konut üretiminde en çok kullanılan panel türüdür (Eşiyok, 2000).



**Şekil 1.** Panel türleri: dolu kesitli (a), sandviç (b), çift duvar (c), boşluklu (d) ve nervürlü (e) beton panel

## 2.KONUT YAPIMINDA KULLANILAN PREFABRİKE BETON PANEL SİSTEMLER

Beton panel sistemlerin literatürde farklı özellikte sınıflandırması mevcuttur. Kullanıldıkları yer, taşıyıcılık, boyut ve ağırlık bu farklılıkta öne çıkan özelliklerdendir. Prefabrike beton panellerle konut yapımında ise panelin boyutları, yapım sisteminin oluşumunda önemlidir ve boyut farklılıkları başta tasarım olmak üzere açıklık, yükseklik, nakliye, montaj gibi başlıklarda değişimler gösterir. Bu nedenle yapılan çalışmada konut yapımında kullanılan prefabrike beton panel sistemler panel boyutlarına (genişliklerine) göre sınıflandırılmıştır ve 3 başlıkta incelenmiştir:

1. Büyük boy beton paneller
2. Orta boy beton paneller
3. Küçük boy beton paneller

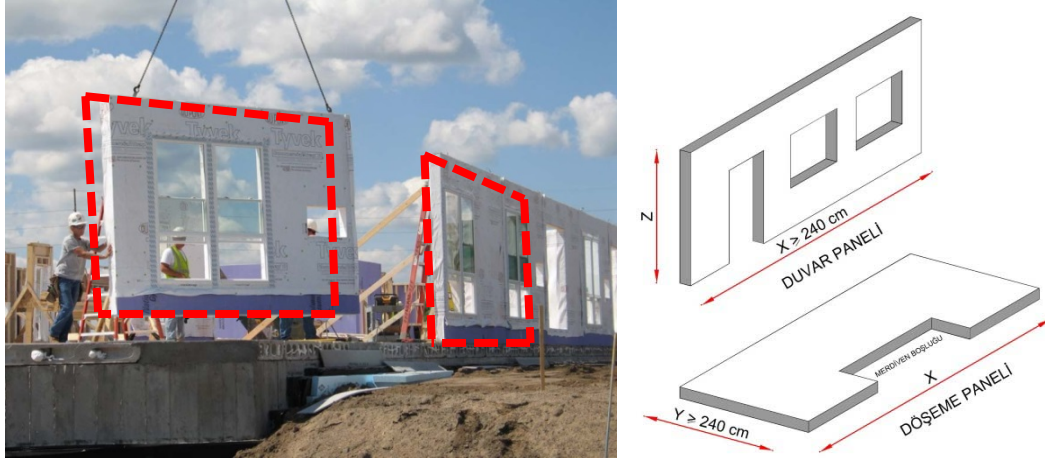
### 2.1.Prefabrike Büyük Boy Beton Panellerle Konut Yapım Sistemleri

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, hacim büyüklüğündedir. Bir konut hacminin minimum boyutları düşünüldüğünde, büyük boy paneller 240 cm'den geniş paneller olarak sınıflandırılabilir. Bitmişlik derecesi yüksek olan paneller; doğramaları, kaplamaları ve tesisatı içinde bulunduracak biçimde yüksek derece prefabrikasyona uygun olarak üretilirler. Günümüzde bu sistemin kullanımı, hızlı monte edilip erken bitirilmesi gereken ve

panellerin pahalı taşıma ve montaj ekipman gereksinimini karşılayabilecek yüksek bütçeli projelerle sınırlı kalmaktadır (Dörrhöfer, Staib ve Rosenthal, 2008).

Prefabrike büyük boy beton paneller, döşeme, duvar ve merdiven yapımında kullanılabilirler ve boşluklu veya boşluksuz olarak üretilebilirler (Şekil 2).



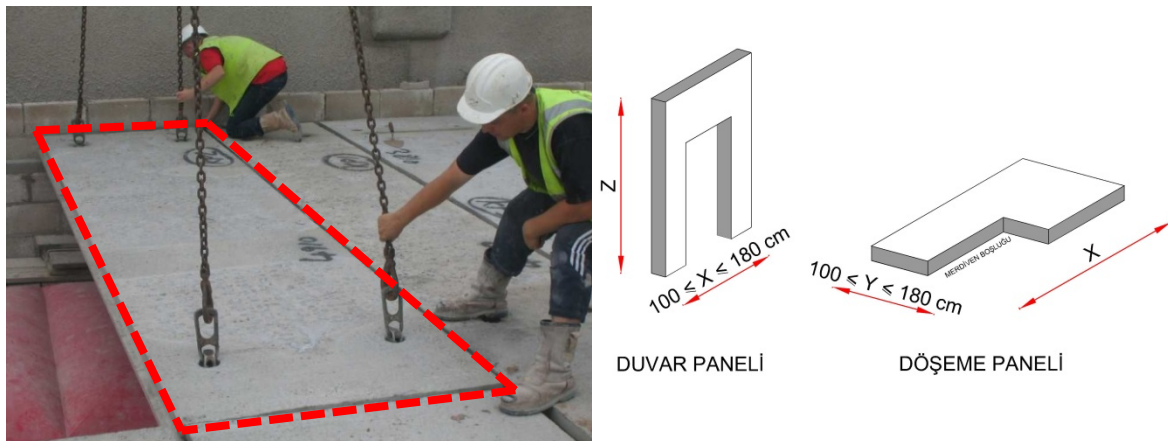
Şekil 2. Prefabrike büyük boy beton paneller ve örnek bir uygulama (URL-1)

## 2.2. Prefabrike Orta Boy Beton Panellerle Konut Yapım Sistemleri

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. (alıntılanan Eşiyok, 2000); (aktaran Er, 1989).

Orta boy paneller, 100-180 cm arası genişlikte sınıflandırılmaktadır. Bu paneller ile oluşturulan yapıların stabilitesi, birleşim bölgelerinin fazlalığı nedeniyle düşüktür. Orta boy paneller; özel taşıma araçları ve ağır montaj ekipmanı gerektirmemekte, ancak eleman sayısının fazlalığı nedeniyle büyük boy panellere oranla daha fazla işçilik gerektirmektedir.

Prefabrike orta boy beton paneller, döşeme, duvar ve çatı yapımında kullanılabilirler ve boşluklu veya boşluksuz olarak üretilebilirler (Şekil 3).



Şekil 3. Prefabrike orta boy beton paneller ve örnek bir uygulama (URL-2)

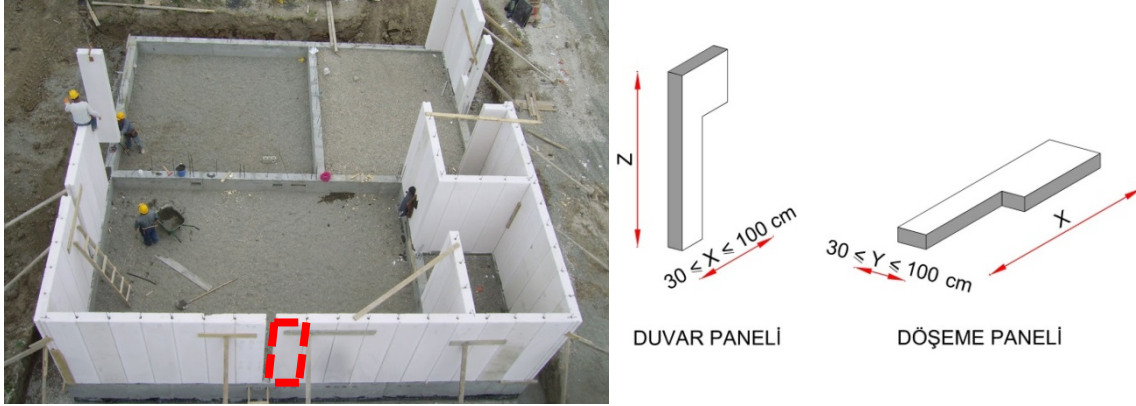
## 2.3. Prefabrike Küçük Boy Beton Panellerle Konut Yapım Sistemleri

Birçok panelin bir araya gelerek bir hacmi oluşturduğu sistemlerdir. Bu sistemlerin bölücü eleman olarak kullanımı oldukça yaygın, ancak taşıyıcı eleman olarak kullanımı diğer

sistemlere oranla barındırdığı dezavantajlar (mukavemet, maliyet vb.) nedeniyle yaygın değildir.

Küçük boy paneller, 30-100 cm arası genişlikte sınıflandırılmaktadır. Küçük boy paneller, büyük ve orta boy panellerden daha fazla birleşim bölgesi içermesi nedeniyle, prefabrike panel sistemler içerisinde en düşük stabiliteye sahip sistemdir. Kolayca taşınıp monte edilebilen küçük boy paneller, yüksek oranda işçilik gerektirmektedir.

Prefabrike küçük boy beton paneller, döşeme, duvar ve çatı yapımında kullanılabilirler ve boşluklu veya boşluksuz olarak üretilirler (Şekil 4).



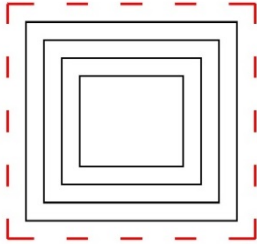
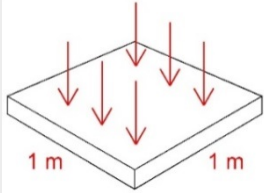
Şekil 4. Prefabrike küçük boy beton paneller ve örnek bir uygulama (URL-3)

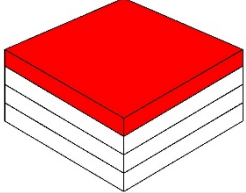
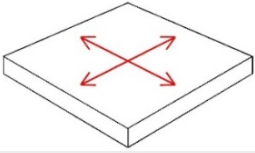

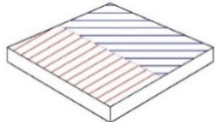
### 3. PREFABRİKE BETON PANEL SİSTEMLERİN KONUT YAPIMINDA KULLANIM ANALİZİ


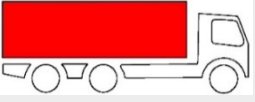
Bu çalışmada, prefabrike betonarme panel sistemlerin konut yapımında kullanılması için, bilinmesi gereken özellikleri içeren bir analiz tablosu oluşturulmuştur. Analiz tablosunda 19 kriter (elemanın üretim yeri, eleman tipi, malzeme, yaygın modüler boyut, boyut sınırlaması, ağırlık, kat sınırlaması, döşemede geçilebilen açıklık, tasarım esnekliği, yüzey özelliği, maliyet, nakliye, montaj araçları, işçilik, prefabriklik derecesi, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, yangın güvenliği ve sürdürülebilirlik) belirlenmiş, prefabrike beton panel sistemlerin (PBPS) konut üretiminde kullanımı Tablo 1'de belirlenen kriterlerde analiz edilmiştir:

Tablo 1. Prefabrike beton panel sistemlerin (PBPS) konut üretiminde kullanımının analizi

Sistemler	Büyük Boy PBPS	Orta Boy PBPS	Küçük Boy PBPS
<b>Kriterler</b>			
<b>1) Elemanın Üretim Yeri</b>	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamı) *Şantiye alanı	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamı)	*Şantiye alanı dışı (Fabrika ortamı)
<b>2) Eleman Tipi</b>	*Duvar (dolu kesitli, sandviç ve çift duvar beton paneller) *Döşeme (dolu kesitli, sandviç ve nervürlü beton paneller) *Merdiven (dolu kesitli beton paneller)	*Duvar (dolu kesitli, sandviç, çift duvar ve boşluklu beton paneller) *Döşeme (dolu kesitli, sandviç, boşluklu ve nervürlü beton paneller) *Çatı (dolu kesitli, sandviç ve	*Duvar (dolu kesitli, sandviç, çift duvar ve boşluklu beton paneller) *Döşeme (dolu kesitli, sandviç, boşluklu ve nervürlü beton paneller) *Çatı (dolu kesitli, sandviç ve

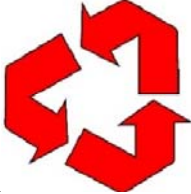
		boşluklu beton paneller)	boşluklu beton paneller)
<b>3) Malzeme</b>	*Betonarme *Gazbeton	*Betonarme *Ön gerilmeli beton *Gazbeton	*Betonarme *Ön gerilmeli beton *Gazbeton
<b>4) Yaygın Modüler Boyut</b>	* 30 cm ve katları *100 cm ve katları	* 10 cm (temel modül) ve katları * 30 cm ve katları (Eser, 1982)	* 10 cm (temel modül) ve katları * 30 cm ve katları (Eser, 1982)
<b>5) Boyut Sınırlaması</b>	<p>240 cm'den geniş paneller, büyük boy panel olarak sınıflandırılmaktadır. Panel-lerin boyutları, üretim koşulları, nakliye kısıtlamaları ve mühendislik hesapları ile sınırlıdır.</p>  <p>Panel boyutları, farklı detay çözümlerinden oluşan çeşitli büyük boy beton panel sistemler için farklılaşmaktadır.</p>	<p>100-180 cm genişliğinde üretilen paneller orta boy paneller olarak sınıflandırılmaktadır. Panellerin uzunlukları, üretim koşulları, nakliye kısıtlamaları ve mühendislik hesapları ile sınırlıdır.</p> <p>Panel uzunlukları; türlerine, kalınlıklarına ve yük hesabına göre değişmektedir.</p>	<p>30-100 cm genişliğinde üretilen paneller küçük boy paneller olarak sınıflandırılmaktadır. Panellerin uzunlukları, üretim koşulları, nakliye kısıtlamaları ve mühendislik hesapları ile sınırlıdır.</p> <p>Panel uzunlukları; türlerine, kalınlıklarına ve yük hesabına göre değişmektedir.</p>
<b>6) Ağırlık</b>	<p>Panellerin ağırlıkları, türlerine, kullanılan malzemeye, malzeme sınıflarına ve donatı yoğunluklarına göre değişmektedir. Aşağıda beton panel sistem yapımında kullanılan 20 cm kalınlığındaki panel türlerinin 1 metrekaresinin ağırlık değerleri verilmiştir:</p> 	<p>*20 cm kalınlığında ön gerilmeli ve boşluklu beton panel ortalama 240 kg/m<sup>2</sup>'dir (Öngerilmeli boşluklu döşeme, t.y.).</p> <p>*20 cm kalınlığında donatılı gazbeton panel ortalama 145-170 kg/m<sup>2</sup>'dir (Ytong donatılı yapı, t.y.).</p> <p>*2x5 cm'lik panellerle oluşturulan 20 cm kalınlığında çift duvar betonarme panel ortalama 250 kg/m<sup>2</sup>'dir (Depreme dayanım performansı, 2014).</p> <p>*15 cm kalınlığında, dolu kesitli masif betonarme panel ortalama 375 kg/m<sup>2</sup>'dir (Depreme dayanım performansı, 2014). 20 cm kalınlığında dolu kesitli betonarme panellerin ağırlığı 500 kg/m<sup>2</sup>'ye çıkabilmektedir.</p>	

<p><b>7) Kat Sınırlaması</b></p> 	<p>Yüksek katlı yapılara uygundur. 30 kat 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>Az katlı konutlar için uygundur. Yaygın olarak kullanılan gaz-beton paneller ile 2 kata kadar konutlar üretmek mümkündür (Ytong donatılı yapı, t.y.).</p>
<p><b>8) Döşemede Geçilebilir Açıklık</b></p> 	<p>Dolu kesitli betonarme döşeme paneli ile 7 metrelik açıklık geçmek mümkündür (Kargılı, 2005). Kullanılan farklı sistemler ile geçilebilir açıklıklar değişmektedir. Ağırlığından dolayı dolu kesitli paneller ile büyük açıklıklar geçmek rasyonel değildir.</p> <p>Bu nedenle dolu kesitli döşeme panelleri yerini boşluklu ve nervürlü panellere bırakmıştır. Bu tür paneller ile yaklaşık 20 metreye kadar açıklık geçme olanağı bulunmaktadır.</p>	<p>En fazla kullanılan türler olan gazbeton panellerle 6 metre açıklık, ön gerilmeli ve boşluklu paneller ile 17 metre açıklık geçile-bilmektedir (Panelton el kitabı, t.y.).</p>	<p>Küçük boy panel sistemler ile döşemede 6 metreye kadar açıklık geçmek mümkündür (Ayaydın ve Koman, 2004). Ön gerilmeli paneller ile bu açıklık artırılabilir.</p>
<p><b>9) Tasarım Esnekliği</b></p> 	<p>Elemanların büyük boyutu, tasarım esnekliğini sınırlamaktadır. Dairesel çözümlü plan-lara elverişli değildir.</p>	<p>Tasarım esnekliği açısından olumludur. Dairesel çözümlü plan-lara elverişlidir.</p>	<p>Esnek tasarım açısından en uygun beton panel sistem türüdür. Dairesel çözümlü planlara elverişlidir.</p>
<p><b>10) Yüzey Özelliği</b></p> 	<p>Waschbeton, boya ve çeşitli kaplamalar uygulanabilir, brüt beton veya rölyefli brüt beton şeklinde de kullanılabilir.</p>	<p>Çeşitli yüzey kaplamalarına ve boyaya uygundur fakat elemanların birleşim yerlerinde bulunan derzler, yüzey seçiminde göz ardı</p>	<p>Hafif kaplamalara ve boyaya uygundur. Birleşim bölgeleri en fazla olan sistem olması nedeniyle ince iş kalitesi düşüktür. Yüzey seçiminde</p>

	<p>Yüzey uygulamaları, fabrika alanında uygulanabilmektedir. Boşluklu panel yapıda ise boşlukların yerine dikkat edilerek kaplama yapılmalıdır.</p>	<p>edilmemelidir.</p>	<p>dikkat edil-melidir.</p>
<p><b>11) Maliyet</b></p> 	<p>İşçilik maliyeti düşük olmasına rağmen, ön üretim, nakliye ve kaldırma montaj araçlarının maliyeti nedeniyle konvansiyonel sistemlere oranla yüksek maliyetlidir.</p> <p>Prefabriklik derecesi arttıkça ve modüller tekrar kullanıldıkça maliyetler düşülebilmektedir.</p>	<p>Ön üretim, nakliye ve işçilik ücretinin yüksek olması nedeniyle maliyeti yüksektir. Maliyeti düşürmek için seri üretime geçilmelidir.</p>	<p>Ön üretim ve nakliye maliyetinin yanı sıra, diğer sistemlere oranla fazla işçilik gerektirmesinden dolayı rasyonellikten uzaklaşmaktadır.</p>
<p><b>12) Nakliye</b></p> 	<p>Üretildiği alandan şantiye alanına çeşitli yollarla (kara, deniz, hava) nakliye edilmektedir. Kara yolu ile taşıma araçları maksimum 18 metre uzunluk ve 4 metre yüksekliğindedir. 2.80 metre yüksekliğe kadar olan paneller konteynırla taşınabilmektedir. 2.80 m'den yüksek paneller düşey olarak, 4 metreden yüksek panel-ler ise yatay olarak taşınmaktadır (Depreme dayanıklı prekast, 2014).</p>	<p>Üretildiği alandan şantiye alanına çeşitli yollarla (kara, deniz, hava) nakliye edilmektedir. Boyutlarının elverişli olması nedeniyle ölçü kısıtlaması yoktur ancak taşıma esnasında her panel türünün farklı istiflenmesi önemlidir.</p>	<p>Üretildiği alandan şantiye alanına çeşitli yollarla (kara, deniz, hava) nakliye edilmektedir. Boyutlarının elverişli olması nedeniyle ölçü kısıtlaması yoktur ancak taşıma esnasında her panel türünün farklı istiflenmesi önemlidir.</p>

<p><b>13) Montaj Araçları</b></p> 	<p>Elemanların ağırlıkları nedeniyle yüksek kapasiteli kaldırma ve çeşitli montaj araçları gerektirmektedir.</p>	<p>Boyutlarının elverişli olması nedeniyle basit araçlar ile taşınıp, basit ve düşük maliyetli montaj araçları ile monte edilebilmektedir.</p>	<p>Boyutlarının elverişli olması nedeniyle basit araçlar veya insan gücü ile taşınıp, basit ve düşük maliyetli montaj araçları ile monte edilebilmektedir.</p>
<p><b>14) İşçilik</b></p> 	<p>Elemanların boyutlarının büyüklüğü ve prefabriklik derecesinin yüksek olmasından dolayı işçilik gereksinimi düşüktür.</p>	<p>Yapı çok sayıda elemandan oluşmaktadır ve sistemin prefabriklik derecesi düşüktür. Bu nedenle işçilik gereksinimi yüksektir.</p>	<p>Boyutları ve yüksek prefabriklik derecesine uygun olmayan yapısı nedeniyle en fazla işçilik gerektiren sistem, küçük boy panel sistemlerdir.</p>
<p><b>15) Prefabriklik Derecesi</b></p>	<p>Doğramaları, kaplamaları ve tesisatı içinde olacak şekilde yüksek derecede prefabrike üretime uygundur.</p>	<p>Sistemin eleman boyutları yüksek derecede prefabrikasyona olanak tanımamaktadır.</p>	<p>Sistemin eleman boyutları yüksek derecede prefabrikasyona olanak tanımamaktadır.</p>
<p><b>16) Isı Yalıtımı</b></p> 	<p>Paneller, çift duvar, kompozit ve boşluklu yapıda üretilirse yüksek ısı tasarrufu sağlamaktadır. Bünyesinde ısı yalıtım malzemesi olmadan üretilen dolu kesitli paneller, montaj sonrası ek katmanlar ile yalıtılarak iyi derecede ısı yalıtımı sağlayabilmektedir.</p>	<p>Birleşim bölgelerinden dolayı ısı köprüsü oluşumuna uygundur fakat gerekli önlemler ile yüksek ısı tasarrufu sağlamaktadır.</p> <p>Gazbeton bünyeli, kompozit ve boşluklu paneller, uygun kalınlıklarda kaplama gereksizince iyi derecede ısı yalıtımı sağlamaktadır.</p>	<p>Birleşim bölgelerinin fazlalığı nedeniyle ısı köprüsü oluşumuna uygun olan küçük boy paneller, ısı yalıtımının doğru uygulanmasıyla yüksek ısı tasarrufu sağlamaktadır.</p> <p>Gazbeton bünyeli, kompozit ve boşluklu paneller, uygun kalınlıklarda kaplama gereksizince iyi derecede ısı yalıtımı sağlamaktadır.</p>
<p><b>17) Ses Yalıtımı</b></p> 	<p>Kompozit ve boşluklu panel türüyle, kalın kesitli panellerle ya da ek katmanlar ile önlemler alınarak yüksek derecede ses yalıtımı</p>	<p>Boşluklu panel türüyle, kalın kesitli panellerle ya da ek katmanlar ile önlemler alınarak yüksek derecede ses yalıtımı sağlanabilmek-</p>	<p>Boşluklu panel türüyle, kalın kesitli panellerle ya da ek katmanlar ile önlemler alınarak yüksek derecede ses yalıtımı sağlanabilmek-</p>



	sağlanabilmektedir.	tedir.	tedir.
<b>18) Yangın Güvenliği</b>	Panellerin beton yapısı ve alınan ek önlemler-den (kaplama vb.) dolayı yüksek yangın güvenliği sağlanabilmektedir.	Panellerin beton yapısı ve alınan ek önlemler-den (kaplama vb.) dolayı yüksek yangın güvenliği sağlanabilmektedir.	Panellerin beton yapısı ve alınan ek önlemler-den (kaplama vb.) dolayı yüksek yangın güvenliği sağlanabilmektedir.
<b>19) Sürdürülebilirlik</b> 	*Fabrika ortamındaki üretim koşulları sayesinde malzeme sarfiyatı azalmaktadır. *Paneller demonte edilerek tekrar kullanılmaya yönelik tasarlanabilir. *Paneller, yüksek derecede ısı korunumu sağlayarak, enerjiden tasarruf etmektedir. *Panellerin beton katmanları kullanım süresi sonunda dolgu, yol yapım veya mıcır malzemesi olarak tekrar kullanılabilir. Gazbeton malzemesi kendi yapısında kullanılabilen çamur ve toz haline getirilebilir.		

#### 4. SONUÇLAR

Prefabrike beton panel sistemlerin (PBPS) konut üretiminde kullanımı ile ilgili rehber olmayı hedefleyen çalışmada boyutlarına göre büyük, orta ve küçük olmak üzere 3 başlık altında sınıflandırılan panel sistemler belirlenen 19 kritere göre analiz edilmiştir. Analizler sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Prefabrike beton paneller (PBP); çoğunlukla fabrika ortamında üretilirken, nakliye kısıtlılığı nedeniyle şantiye alanında üretilen büyük boy prefabrike beton panel sistemler de mevcuttur.
2. PBP; duvar, döşeme, merdiven ve çatı gibi elemanların üretiminde kullanılabilir.
3. PBP; betonarme, ön gerilmeli beton ve gazbeton malzemesinden üretilmektedir, ancak ön gerilmeli beton, konut yapımında kullanılan prefabrike büyük boy panellerde kullanılmamaktadır.
4. PBP üretiminde kabul edilen temel modül boyutu 10 cm'dir. Ancak büyük boyutlu elemanlar ile seri üretime geçmek için bu boyutun artması gerekmektedir. Bu nedenle modül olarak kabul edilen belli boyutlar kullanılarak seri üretime geçilmiştir.
5. PBP üretim boyutunda çeşitli kısıtlamalar söz konusudur. Bu kısıtlamaların başlıcaları; üretim koşulları, kaldırma ve montaj araçları kısıtlamaları, nakliye kısıtlamaları ve mühendislik hesaplarıdır.
6. PBP; türlerine, kullanılan malzemeye, malzeme sınıflarına ve donatı yoğunluklarına göre farklı ağırlıkta olabilmektedir.
7. PBP kat sınırlılıkları, panel sınıflandırmalarına göre farklılık göstermektedir. Büyük boy paneller yüksek katlı konut yapımına uygundur ancak orta ve küçük boy paneller ile istisnai durumlar mevcut olsa da, az katlı konutlar üretilmektedir.
8. PBP ile büyük açıklıklı konutlar tasarlamak mümkündür. Ancak açıklık arttıkça döşeme kalınlığı, taşıyıcı duvar kalınlığı ve maliyetin artacağı unutulmamalıdır.
9. PBP ile konut üretiminde, boyutlar küçüldükçe tasarım esnekliği artmaktadır.
10. PBP, çeşitli yüzey uygulamaları için uygun yapıdadır.
11. PBP, konvansiyonel sistemlere göre daha maliyetlidir. Ancak panel üretiminde ve kullanımında seri üretime geçilirse, modül boyutları kullanılırsa, nakliye mesafesi kısalsa ve yüksek derecede prefabriklik sağlansa (dolayısıyla işçilik azalsa) maliyet düşülebilmektedir.
12. Prefabrike konut üretiminde nakliye, maliyet ve taşıma kısıtlamaları açısından önemlidir.

13. Prefabrike beton elemanlar; ağırlıkları, boyutları ve detay çözümleri gereğince çeşitli montaj ve kaldırma araçları gerektirmektedir.
14. Prefabrike konut üretiminde, boyut küçüldükçe ve prefabriklik derecesi azaldıkça işçilik artmaktadır.
15. Prefabrike büyük boy beton paneller, üretim aşamasında tesisat, yalıtım ve yüzey bitişleri dahil edilerek yüksek bitmişlik derecesinde üretilebilirler; ancak orta ve küçük boy paneller yüksek derecede prefabrike üretime uygun değildir.
16. PBP ile yüksek derecede ısı izolasyonu sağlanabilmektedir.
17. PBP ile yüksek derecede ses izolasyonu sağlanabilmektedir.
18. PBP ile yüksek derecede yangın korunumu sağlanabilmektedir.
19. PBP, malzeme sarfiyatını azaltması, üretildikleri malzemenin doğal olması, kullanım süresinin uzun olması, geri dönüşüme ve enerji tasarrufuna uygun olması nedeniyle sürdürülebilir bir elemandır.
20. Prefabrike konut üretiminde boyut küçüldükçe birleşim noktası sayısı artmakta, derz noktalarında özel detaylandırma gerekmektedir.

### KAYNAKLAR

- Ayaydın, Y., Koman, İ., 2004. Mimarlar için 12 soruda beton prefabrikasyon, Birmat Matbaası, İstanbul.
- Ayaydın, Y., 1997. Mimari açıdan prefabrike sistemler, Prefabrike inşaat teknolojileri sempozyumu, 23-26 Haziran, İstanbul, s. 21-28
- Deprem dayanım performansı yüksek prekast yapı sistemi ve altyapı elemanları. (2014). Van: Ete İnş. San. Ve Tic. Ltd. Şti. Erişim adresi: <http://www.etebeton.com.tr/Content-ebrosur>.
- Depreme dayanıklı prekast çift duvar ve döşeme sistemleri. (2014). Van: Ete İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti. Erişim adresi: <http://www.etebeton.com.tr/Content-ebrosur>.
- DesigningwithPrecastandPrestressedConcrete. (2007). Chicago: Precast/Prestressed ConcreteInstitute. Erişim adresi: [http://www.gcpci.org/index.cfm/precast\\_solutions/primer](http://www.gcpci.org/index.cfm/precast_solutions/primer)
- Er, E., 1989. Toplu konut alanında Türkiye koşullarına uygun teknoloji sorunu, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- 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.
- Kargılı, F., 2005. Prefabrike betonarme panolu yapıların teşkili, tasarımı ve maliyet analizi, Yüksek lisans tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Koncz, T., 1977. Prefabrikasyona giriş, Çeviri Yapı Merkezi, İstanbul.
- Öngerilmeli boşluklu döşeme. (t.y.). Denizli: Danta Prefabrik Betonarme Yapı Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi. Erişim adresi: <http://www.danta.com.tr/prefabrik/index.php?icerik=52>
- Panelton el kitabı. (t.y.). İstanbul: Yapı Merkezi Prefabrikasyon A.Ş.
- Prefabrike?. (t.y.). Erişim adresi: [http://insaatmuh.cbu.edu.tr/db\\_images/si-te\\_115/file/Prefabrike.pdf](http://insaatmuh.cbu.edu.tr/db_images/si-te_115/file/Prefabrike.pdf)
- Staib, G.,Dörrhöfer, A., &Rosenthal, M., 2008. Components andSystems: Modular Construction–Design, Structure, New Technologies. Walter de Gruyter.
- Tapan, M.,Sey, Y., 1987. Toplu konut üretiminde Türkiye’de ve yabancı ülkelerde uygulanan yapım sistemlerini tanıma kataloğu, Yapı Araştırma Enstitüsü araştırması, İstanbul.
- Ytong donatılı yapı elemanları. (t.y.). İstanbul: Ytong Sanayi A.Ş. Erişim adresi: <http://ytong.com.tr/tasiyici-dusey-duvar-elemanlari.asp>.
- URL-1:[https://harakekeconsultants.co.nz/on-site-construction/\(5 Nisan 2018\)](https://harakekeconsultants.co.nz/on-site-construction/(5+Nisan+2018)).
- URL-2:[http://www.tecnologieedili.it/solai\\_prefabbricati\\_verona\(10 Mart 2018\)](http://www.tecnologieedili.it/solai_prefabbricati_verona(10+Mart+2018)).
- URL-3:<http://ytong.com.tr/images/tasiyici-dusey-duvar-paneli-01-l.jpg> (16 Şubat 2018).
- URL-4:<http://kambeton.com.tr/tekurun.aspx?pid=16&tur=2&baslik=Bo%C5%9Ffluklu-%20D%C3%B6%C5%9Ffemeler> (16 Şubat 2018).