

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**PREFABRİKE BETON PANEL SİSTEMLERİN SÜRE VE
ÇEVRECİLİK AÇISINDAN STANDART BETONARME
SİSTEMLERİNE GÖRE İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Osman Emin CENİK

**Mimarlık Ana Bilim Dalı
Mimarlık Programı**

EYLÜL, 2023

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**PREFABRİKE BETON PANEL SİSTEMLERİN SÜRE VE
ÇEVRECİLİK AÇISINDAN STANDART BETONARME
SİSTEMLERİNE GÖRE İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Osman Emin CENİK
(Y1913.050049)

Mimarlık Ana Bilim Dalı
Mimarlık Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zülküf GÜNELİ

EYLÜL, 2023

TEZ SINAV TUTANAĞI

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Prefabrike Beton Panel Sistemlerin Süre ve Çevrecilik Açısından Standart Betonarme Sistemlerine Göre İrdelenmesi” adlı çalışmamın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça ’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (13/09/2023)

Osman Emin CENİK

ÖNSÖZ

“Prefabrike Beton Panel Sistemlerin Süre ve Çevrecilik Açısından Standart Betonarme Sistemlerine Göre İrdelenmesi” adlı tez çalışması süresince bilgi birikimleri, tecrübeleri ve değerli görüşleri ile her zaman yardımcı ve destek olan değerli hocam Prof. Dr. Zülküf Güneli’ne teşekkürlerimi sunarım. Hayatımın her alanında maddi ve manevi olarak her zaman yanımda olan, beni her koşulda destekleyen ve geleceğime ışık olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eylül ,2023

Osman Emin CENİK

PREFABRİKE BETON PANEL SİSTEMLERİN SÜRE VE ÇEVRECİLİK AÇISINDAN STANDART BETONARME SİSTEMLERİNE GÖRE İRDELENMESİ

ÖZET

Endüstriyel üretim günümüzde birçok alanda rol almakta olup mimari yapı sektöründe de önemli bir yere sahiptir. Endüstriyel üretimin süreci hızlandırması, iş gücünü minimize etmesi ve çevresel anlamda sürdürülebilir çözümler sunması nedeniyle son dönemde oldukça fazla alanda ürün üretmeye başlamıştır. Mimari yapı sektöründe geleneksel olarak ifade edilen standart betonarme sistemler halen yaygın olarak kullanılmaktadır. Üretimde malzemenin aynı olmasına rağmen süreçteki farklı girdiler; maliyet, kalite, zaman, iş gücü, çevresel etkiler vb. prefabrike üretim betonarme sistemlere göre farklılık göstermektedir. Tezin ilerleyen kısımlarında bu farklılıkların neler olduğu ve endüstriyel üretimin mimari yapı alanındaki kullanım alanlarına değinilmiştir. Prefabrike betonarme sistemlerin üretim yeri ve şantiye alanına taşınmasına kadar olan süreçte hangi yapısal elemanların ihtiyaçları karşılayabilmekte olduğuna bakılmıştır.

Mimari yapı sektöründe en çok kullanılan malzeme olarak halen betonarme karşımıza çıkmaktadır. Betonarme ile üretilen yapıların yapı ömrü yaklaşık 40-50 yıl gibi olmasından kaynaklı sürdürülebilir yapılar olduğu söylenebilir. Ancak üretim sürecinde yeterli hassasiyetin gösterilmediği durumlarda kullanılan malzeme için gerekli olan su kullanımı, demir donatıdaki atık miktarı ve moloz olarak ifade edilen beton kalıntılarının yaratmış olduğu çevresel ve ekolojik zararlar göz ardı edilmemelidir. Günümüzün sorunu olan çevre kirliliği dikkate alınmadan mimarinin ve inşaat sektörünün ilerlemesi mümkün görülmemektedir. Biz mimarlara ve mühendislere düşen tasarım ve üretim aşamasındaki çevreye duyarlı yaklaşımlarda bulunmak mesleki bir sorumluluk olmalıdır. Üstlenilen bu rol için öncelikle çevreselliğin ne demek olduğunu iyi anlamak ve süre ile paralel ilerlediğinin farkında olmak gerekmektedir. Bu noktada endüstriyel üretim önemli bir rol oynamaktadır. Tez

içerisinde prefabrike ile standart üretim arasındaki çevresellik ve süre faktörleri karşılaştırılmıştır.

Prefabrike üretim mimari yapı sektöründe bir çok alanda ürün çözümü sağlarken aynı zamanda süre ve çevresellik anlamında uzun vadede ekonomik faydalar sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel üretim, Prefabrike sistemler, Standart beton, Mimari yapı elemanları

**EXAMINATION OF INDUSTRIAL READY-MIXED CONCRETE PANELS
IN SUSTAINABLE BUILDING MANUFACTURING ACCORDING TO
STANDARD REINFORCED CONCRETE SYSTEMS IN TERMS OF
DURATION AND FRITTERS**

ABSTRACT

It explains its place in the building sector in terms of architecture, to the fact that industrial production shows itself in many areas today. The fact that industrial production accelerates the process, minimizes the workforce and offers environmentally sustainable solutions, it has recently started to produce products in many areas.

Standard reinforced concrete systems, which are traditionally expressed in the architectural construction sector, are still widely used. Although the material is the same in production, different inputs in the process; cost, quality, time, labor, environmental effects, etc. Prefabricated production differs according to reinforced concrete systems.

In the following parts of the article, what these differences are and the usage areas of industrial production in the field of architectural structure are mentioned. It has been examined which structural elements can meet the needs in the process until the prefabricated reinforced concrete systems are transported to the production site and the construction site.

Reinforced concrete is still the most widely used material in the architectural construction sector. It can be said that the structures produced with reinforced concrete are sustainable structures to the fact that the structure life is about 40-50 years. However, in cases where sufficient sensitivity is not shown in the production process, the use of water required for the material used, the amount of waste in the iron reinforcement and the environmental and ecological damages caused by concrete residues expressed as rubble should not be ignored. It is not possible for the architecture and construction industry to progress without considering the

environmental pollution, which is the problem of today. As architects and engineers, it should be a professional responsibility to take environmentally sensitive approaches during the design and production phase. For this role assumed, first of all, it is necessary to understand what environmentalism means and be aware that it progresses in parallel with time. At this point, industrial production plays an important role. In the thesis, the environmental and time factors between prefabricated and standard production were compared. While prefabricated production provides product solutions in many areas in the architectural construction sector, it is seen that it also provides long-term economic benefits in terms of time and environment.

Keywords: Industrial production, Prefabricated systems, Standard concrete, Architectural elements

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
I. GİRİŞ.....	1
A. Tezin Konusu.....	1
B. Tezin Amacı ve Önemi.....	2
C. Tezin Araştırma Sorusu ve Hipotezi.....	3
D. Tezin Yöntemi	3
E. Tezin Kapsamı ve İçeriği	4
II. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	6
A. Çevresel Yapı Malzeme Kriterleri	6
B. Beton Malzeme ve Bileşenleri.....	9
C. Standart Betonarme Sistemlerde Çevresel Etkiler.....	13
D. Prefabrike Beton Panel Sistemler, Prefabrikasyon	17
1. Prefabrike Beton Panel Sistemlerde Sınıflandırma.....	18
2. Prefabrike Beton Panel Üretiminde Kullanım Alanları	19
3. Prefabrike Beton Panel (Prefabrikasyon) Sistemlerin Üretim Süreci	33
4. Prefabrike Beton Panel (Prefabrikasyon) Sistemlerde Depolanma Süreci ..	35
5. Prefabrike Beton Panel (Prefabrikasyon) Sistemlerde Taşıma Süreci	37
6. Prefabrike Beton Panel (Prefabrikasyon) Sistemlerde Çevresellik	38
7. Prefabrike Beton Panel Sistemlerin Deprem Durumunda Davranışı ve Tasarımı	38
E. Bölüm Sonucu.....	40

III. PREFABRİKE HAZIR BETON PANEL VE STANDART BETONARME SİSTEMLERİN SÜRE VE ÇEVRECİLİK AÇISINDAN İNCELEME KRİTERLERİ	42
A. Prefabrike Hazır Betona Panel ve Standart Betonarme Sistemlerde Süre ve Çevrecilik	42
B. Prefabrike Hazır Betonarme Sistemlerde ve Standart Betonarme Sistemlerde Süre ve Çevrecilik Kriterleri.....	55
1. Süre Açısından Oluşturulan Kriterler	57
2. Çevrecilik Açısından Oluşturulan Kriterler	57
C. Bölüm Sonucu.....	58
IV. PREFABRİKE HAZIR BETON PANEL SİSTEMLERLE STANDART BETONARME SİSTEMLERİN SÜRE VE ÇEVRECİLİK AÇISINDAN İRDELENMESİ	59
A. İrdelenmede Esas Alınacak Kriterler	59
B. İrdelenmede Kullanılacak Yöntem.....	59
C. Süre ve Çevrecilik Açısından İrdelenmesi	60
1. Prefabrike Hazır Betonarme Sistemler Süre Kapsamında İrdelenmesi	60
2. Prefabrike Hazır Betonarme Sistemler Çevresellik Kapsamında İrdelenmesi	61
3. Standart Betonarme Sistemler Süre Kapsamında İrdelenmesi.....	62
4. Standart Betonarme Sistemler Çevresellik Kapsamında İrdelenmesi.....	63
5. Bölüm Sonucu.....	64
V. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ.....	66
VI. KAYNAKÇA.....	69

KISALTMALAR LİSTESİ

WCED : Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu

BM : Birleşmiş Milletler

EPD : Çevresel Ürün Beyanı

IEA : Uluslararası Enerji Ajansı

HVAC : Heating, ventilation and air conditioning

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1 Doğruöz'ün hazırladığı tablo	39
Çizelge 2 Vares ve Hakkinen'in hazırladığı HHV'nin verilerinden elde edilen çelik takviyeli betonarmenin bileşenleri	44
Çizelge 3 Betonarme oluşumunun aşamalarında üretilen enerji ve emisyon yüzdeleri	44
Çizelge 4 Kargılı'nın tezinde karşılaştırdığı standart betonarme ile prefabrike uygulamaların süre açısından karşılaştırılması	55
Çizelge 5 Prefabrike beton panel sistemler ile standart betonarme sistemleri süre ve çevrecilik açısından irdelemek için hazırlanan tablo	56
Çizelge 6 Standart betonarme sistemler ile prefabrike betonarme sistemlerin literatür taraması ile elde edilen süre ve çevresellik maddelerine göre toplu analizi	65

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Tez Akış Şeması	4
Şekil 2 Çevreci bir malzemenin özellikleri	9
Şekil 3 Standart betonarme yapı şantiye örneği	14
Şekil 4 Birden fazla kullanılan kolon kalıp örneği	15
Şekil 5 Yeterince suya doymamış ve düzeltilmemiş betonarme döşeme örneği	16
Şekil 6 Şantiyeden sokağa taşan depolama alanı.	16
Şekil 7 Prefabrike üretim balkon malzeme	20
Şekil 8 Prefabrike üretim merdivenin şantiye ortamında montaj aşaması	20
Şekil 9 Şantiye sahasına taşınmış prefabrike üretim döşeme	21
Şekil 10 Tek kanatlı dolu duvar panelleri	22
Şekil 11 Çift kanatlı duvar paneller	23
Şekil 12 Şekil 12 Sandviç duvar paneller	24
Şekil 13 Panel sistemlerinin görselleştirilmiş hali	24
Şekil 14 Başlıca yapı elemanlarının sınıfsal gösterimi	25
Şekil 15 İçi boşluklu Çift kanatlı betonarme bölücü duvar panelleri	26
Şekil 16 Prefabrike Üretilen Cephe Elemanları	26
Şekil 17 Çift T döşeme elemanı	27
Şekil 18 Ön Gerdirmeli Boşluklu Döşeme	28
Şekil 19 Filigran döşemenin şantiyeye geldikten sonraki ilk ve son hali	29
Şekil 20 Prefabrike Asmolen Döşeme Kirişleri	30
Şekil 21 Prefabrike üretilmiş merdivenin şantiyede montaj araması	31
Şekil 22 Hazır Betonarme Balkon Döşemesi	32

Şekil 23 Prefabrike Betonarme Baca	32
Şekil 24 Prefabrike Üretim Aydınlik Açıklığı	33
Şekil 25 Fabrika alanında hazır beton elemanlarının üretimi	35
Şekil 26 Hazır beton elemanlarının dış alanda depolanması	36
Şekil 27 Hazır beton elemanlarının taşınması.....	37
Şekil 28 Yapı malzemesi yaşam döngüsünde enerji ve doğal kaynak kullanımı	43
Şekil 29 Hazır beton panellerin montajı sonrası görünümü.....	46
Şekil 30 Hazır beton panellerin nakliye sonrası anında montajı.....	49
Şekil 31 Yanlış kalıp sökümü esnasında ortaya çıkan donatı görüntüleri	50
Şekil 32Standart betonarme kalıp yöntemi ile merdiven kalıp uygulaması.....	51
Şekil 33 Beton dökümü sonrası ortaya çıkan kalıp beton atığı.....	52
Şekil 34 Hazır beton panellerin farklı ölçülerde montajı.....	53
Şekil 35 Hazır beton elemanlarının şantiyede montajı.	53

I. GİRİŞ

A. Tezin Konusu

Doğa, içerisinde bulunan canlı ve cansız varlıklar ile bir denge içerisinde. Ekosistem adı verilen bu dengenin bir parçası olarak insan, ilk olarak doğayı çözmeye ve hayatta kalabilme eğilimindeyken artık onunla başa çıkma ve ona hükmetme eğilimindedir. Ekosistem denilen bu kusursuz döngü, bilinçsiz nüfus artışı ve yerleşmeler, doğal kaynakların gelecek nesilleri düşünmeden kullanılması, modern hayatın gerektirdiği enerji ihtiyaçlarının yenilenebilir kaynaklar yerine yenilenmesi yüzyıllar süren kaynaklar (fosil kaynaklar) kullanılarak karşılanması vb. birçok etkenle maalesef tahrip edilmiştir. Doğanın sunduklarının hızla tüketilmesi ve tekrar yerine konamaması sebebiyle kendi içerisinde kusursuz bir döngü halinde olan ekosistem dengesi insan eliyle bozulmaktadır.

Dünya üzerinde meydana gelen hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme sebebiyle iklim, biyo çeşitlilik ve doğal kaynaklar üzerinde büyük bir baskı meydana gelmiş ve giderek seyrekleşen kentsel yeşil alanlar kirli ve dağınık bir hal almıştır. Kentsel gelişmelerle beraber artan ulaşım ağları ve araçlar sebebiyle aşırı enerji tüketimi, trafik yoğunluğu, hava ve gürültü kirliliği gibi sorunlar meydana gelmiştir (Mersal, 2016). Günümüz artan teknolojisi ve enerji ihtiyaçları, çevre kirliliği ve fosil kaynak rezervlerinin hızla tükenmesi gibi sorunları da beraberinde getirmiştir. Kontrol edilemeyen kalkınma elde edilen kazanımlara zarar verip, hatta temel ekosistem dengesini tehdit eder bir hal almıştır (Harris, 2000).

Ekonomik kalkınmanın çevre üzerinde oluşturduğu bu tür olumsuzluklar farkındalığın artmasını sağlamış, sürdürülebilir kalkınma politikaları uygulanmaya başlanmıştır. Çevrenin değerinin anlaşılmasıyla insan merkezli politikalar yerine çevre merkezli politikalar izlenmiştir (Tıraş, 2012). Geleneksel kalkınma stratejilerinin sonucu oluşan sorunlara karşı artan farkındalık, sürdürülebilir kalkınma kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır (Harris, 2000). Tıraş'a göre sürdürülebilir kalkınmanın başarılı olabilmesi için kavramın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutu üzerinde

durulmakta ve eş zamanlı olarak iş birliğinin sağlanması gerektiği üzerine durulmuştur (Tıraş, 2012).

Ekosistem dengesinin bozulmasının temelinde kentleşmeyle beraber artan yapılaşma yatmaktadır. Binalar dünya genelinde yapım süreci itibarıyla en çok enerji tüketen ve çevreye zararları olan birimlerdir. Yoğun hammadde ve enerji tüketimi doğal kaynakların sınırlarını zorlamakta, doğaya salınan zararlı kimyasallar da bu süreci hızlandırmaktadır.

Yapıların çevre üzerindeki olumsuz etkileri arttıkça iyi mimari tanımı; insanları olumsuz çevre şartlarından koruyan mimariden, yapıların insan etkisiyle oluşturduğu çevreyi olumsuz etkileyen etmenlerden koruyan mimariye evrilmiştir (Civan, 2006).

Mimari yapılarda en çok kullanılan malzeme olarak karşımıza betonarme yapılar çıkmaktadır. Endüstrileşmenin başlamasıyla birlikte betonarmenin üretim şekli de farklılaşmış ve sanayi devrimiyle birlikte yeni teknolojiye uyum sağlayarak hazır üretime geçilmiştir. Bugün geleneksel olarak ifade edilen standart betonarme sistemlerden birçok konuda farklı avantajlar sağlayan prefabrike hazır betonarme sistemler bu tez çalışmasının konusudur.

Çalışmada çevresellik ve süre kapsamında kavramsal bilgilendirme vererek prefabrike beton panel sistemlerle standart betonarme uygulamalarının etkinliğini ele almaktadır.

B. Tezin Amacı ve Önemi

Yapı üretim sistemlerinden biri olan prefabrike sistemler, ülkemizde tarihsel süreç içerisinde gelişim göstererek belli bir noktaya ulaşmıştır. Ancak sektörün geldiği bu noktanın, toplam inşaat sektörünün içindeki pay açısından dünya ortalamaları ile kıyaslandığında Türkiye’de pek yaygınlaşmadığı gözlemlenmektedir (Amani ve Niyazi 2018; Amil ve Aydın 2004). Hızlı üretim sağlayan, ekonomik, kaliteli, kaynakları rasyonel biçimde kullanabilen yapım teknikleri, yapı sektöründeki açığı kapatmak için kullanılması gereken en akılcı tekniklerdir. Bu çalışmada prefabrike yapım sistemleri ve bunun bir kanadını oluşturan beton bünyeli endüstriyel beton panel sistemleri ele alınmıştır. Günümüzde dünya çapında gelişen, çevreye duyarlı yaklaşımlar inşaat sektörü çerçevesinde de sürdürülebilirlik kavramı etrafında yer

bulmaktadır. Yapı ve yapı elemanlarının çevreci nitelikte olması, tasarım sürecinin önemli girdilerinden biri haline gelmiştir.

Bugün dünyanın belki de en önemli sorunlarından çevre kirliliği; üretimin ve yapılaşmanın hiç bitmemesi ile birlikte mücadele edilmesi ve çözüm üretilmesi gereken unsurlar arasında yer almaktadır. Bir mimar olarak mesleğin gerekliliklerini yaparken ya da bir kullanıcı olarak ihtiyaç olan barınmayı karşılarken çevreci yaklaşımların ne olduğunu bilmek ve yaşam sürecine katmak önem arz etmektedir. Bu nedenle bu çalışmadaki amaç; endüstriyel üretim ürünü olan prefabrike beton panel sistemleriyle diğer yapı malzemesi olan betonarme sistemleri süre ve çevrecilik açısından kıyaslamak ve hangi sistemin daha kullanışlı olduğunu ortaya çıkarmaktır.

C. Tezin Araştırma Sorusu ve Hipotezi

Araştırma sorusu; sürdürülebilir bir mimari ve inşaat sektöründe gerekli olan çevresel yaklaşımın gerekliliği üzerine oluşturulmuştur. Araştırma konusuna bağlı olarak geliştirilen problem cümleleri şöyledir:

- Yapı mimarisinde çevresel bir tutum uygulanması mümkün müdür?
- Bu çevresel tutum için betonarme sistemlerde alternatif üretim seçenekleri nelerdir?
- Prefabrike beton panellerin üretilmesi ve uygulanması standart betonarmeye göre süre açısından avantaj sağlıyor mudur?
- Prefabrike beton panelleri daha çevreci bir yaklaşım mı sergiliyordu?

Araştırmalar doğrultusunda tezin hipotezi:

- Tezin içerisinde yapılan literatür çalışması sonucunda elde edilen değerlendirme kriterleri prefabrike beton panelleri standart betonarmeye göre daha çevreci bir tutum sergilemektedir ve süreci önemli ölçüde kısaltmaktadır.

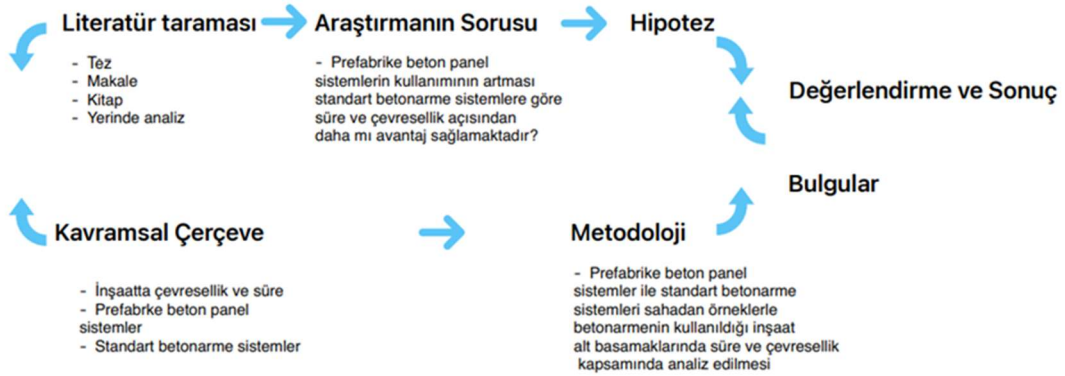
D. Tezin Yöntemi

Çalışmada öncelikle literatürde yer alan yerli ve yabancı kaynakların yazılı ve elektronik versiyonlarına başvurarak genel bir konu analiz çalışmaları yapılmıştır. Literatür taraması ile farklı kaynaklardan çevresellik kavramının ne olduğu ve hangi

kavramları kapsadığına bakılmıştır. Prefabrike beton panel sistemlerinin üretim ve uygulama süreçlerinin inşaat sahasında hangi alanlarda kullanıldığı ve çevresel etkilerinin neler olduğu incelenmiş, son olarak prefabrike üretimin süreye etkisine ve standart betonarme sistemlerin süre ve çevrecilik açısından olumlu olumsuz yönlerinin ne olduğuna bakılmıştır.

Kavramsal olarak ifade edilen çevresellik, iki ayrı sistem olan prefabrike beton panel sistemler ve standart betonarme sistemler açısından irdelenmiştir. Çevreye olan yaklaşımları planlama, tasarım ve uygulama süreçleri ile birlikte ayrıntılı olarak incelenerek dünyada ve Türkiye’de Endüstriyel Beton Panel ile inşa edilen güncel projelerden örneklerle görselleştirilmiştir. Örnek binalar ile ilgili planlar, görünüşler, kesitler ve görseller (fotoğraf, 3D çalışmalar vb.) gibi teknik detaylara yer verilmiş ve tablolar oluşturulmuştur.

Elde edilen bulgular aracılığıyla, tezin tamamını kapsayacak bir değerlendirme yapılarak sonuç yazılmıştır. Aşağıda yer alan Şekil 1 de araştırmanın yöntemi şematize edilmiştir.



Şekil 1 Tez Akış Şeması

E. Tezin Kapsamı ve İçeriği

Birinci bölümde, tezin konusu belirtilerek yapılmış olan literatür taramalarına, tezin sorusunun ne olduğuna ve hipotezine yer verilmiştir. Ardından tezin amacı, önemi, kapsamı ve tez araştırmasında kullanılacak yöntem açıklanmıştır.

İkinci bölümde, kavramlara yer verilmiştir. Çevresellik konusuna değinilmiş ve bir malzemenin çevresel olabilmesi için gerekli hususlar neler olduğundan

bahsedilmiştir. Beton malzeme kavramı açıklanmış ve prefabrike beton paneller ve bunları kapsayan inşaat alanlarından ve prefabrikenin uygulamalarına yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, çevresellik ve süre konuları irdelenmiş ve her iki sistemi kapsayacak “değerlendirme kriterlerinin” neler olabileceği tespit edilmiştir.

Dördüncü bölümde, III. bölümde belirlenmiş olan “çevresellik ve süre değerlendirme kriterleri” analiz edilerek bulgulara ulaşılmıştır. Tezin ana kavramlarından olan prefabrike hazır panel sistemler ile standart betonarme sistemlerin süre ve çevrecilik gibi kavramlar çerçevesinde incelemesi yapılmış ve her iki sistem olumlu ve olumsuz yönleri ile değerlendirilmiştir.

Son olarak beşinci bölümde, genel bir değerlendirme yapılarak sonuç yazılmıştır. Yapılan araştırmalar ve incelemeler sonucunda; sürdürülebilir yapı imalatında prefabrike hazır beton panellerin süre ve çevrecilik açısından standart betonarme sistemlerine göre daha avantajlı olduğu gözlemlenmiştir.

II. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

A. Çevresel Yapı Malzeme Kriterleri

Günümüzde sanayileşmenin ve beraberinde kentleşmenin de etkisiyle ortaya aşırı enerji tüketen, altyapısı yetersiz ve bilinçsizce büyüyen, sürdürülebilir olmayan yapı toplulukları çıkmıştır (Çıtak ve Pala, 2016). Modern hayatın gerektirdiği aşırı enerji tüketimi süreç içerisinde yenilenemez kaynakların gelecek nesillerin ihtiyaç duyacakları seviyelerin altına düşmesi tehlikesine yol açmıştır.

Sanayi Devrimi'nin kentleşme sürecinin dünya üzerindeki yaşam kalitesini kısıtlayan sonuçları, 20 yy. da insanlık tarafından başa çıkılması gereken, göz ardı edilemeyecek bir problem olduğu kabul edilmiştir. İnsanlığın yüzyıllar boyu ekonomik, sosyolojik ve teknolojik alanlarda kat ettiği ilerlemenin bir sonucu olarak karşımıza çevresel sorunlar ve gelecek nesillerin ihtiyacı olan kaynakların tükeniyor olması sıkıntılarını çıkarmıştır. Sanayi devrimi ile başlayan ekonomik kalkınma süreci ve beraberinde nüfus artışı ve çevre sorunlarına yol açmış ve çevre ile ekonomi arasındaki dengeyi bozmuştur (Kaypak, 2011).

Endüstrileşme, hızlı kentleşme ve beraberinde nüfus artışlarıyla insan, doğayı sınırları olmayan ve sürekli kendini yenileyen bir hammadde deposu olarak görmüş ve ekonomik kalkınma amacıyla sonuçlarını düşünmeden doğal kaynakları tüketmeye başlanmıştır. Bunun yanında ekonomik kalkınma hedefi, enerji ihtiyaçlarını karşılamak için tüketilen hammaddenin doğa üzerindeki olumsuz sonuçlarının doğal felaketlerle karşı karşıya kalıncaya kadar göz ardı edilmesine sebep olmuştur.

Günümüzde, artan teknolojik imkanlarla birlikte değişen tüketim alışkanlıkları ve artan konfor arayışı beraberinde su ve enerji başta olmak üzere doğal kaynakların hızla tüketilmesi büyük çevresel problemlere neden olmaktadır (Aytıs ve Polatkan, 2010).

Artık bugün bu problemlere daha çevreci bir yaklaşımda bulunabilmek için öncelikle çevresel yapı malzemeleri hakkında bilgi sahibi olmak gerekmektedir.

Çevresel malzeme kriterlerini Karadayı ve Coşgun (2021), hammaddenin korunması, enerjinin etkin kullanılması ve çevre ve insan sağlığına zarar vermemesi şeklinde ifade etmişlerdir.

Hammaddenin Korunması

Hammaddenin tasarruflu tüketimi için üretim aşamasında en az zaiyatla üretilmesi ile olabileceği gibi, dönüştürülmüş malzeme kullanarak hammaddenin tekrar kullanılıp doğal kaynağın tüketimini önlemekle de olabilmektedir. Malzemenin çevreci olabilmesi için;

Malzemenin dönüştürülmüş içerikli olması: Üretiminde dönüştürülmüş içerik kullanılması çevreci yapı malzemelerinin önemli özelliklerindedir (Karadayı ve Coşgun, 2021; Wilson, 2002). Doğal kaynağın tekrar kullanılmış olması yeniden hammadde tüketiminin önüne geçmiş olur ve aynı zamanda üretimden oluşabilecek atıkları da önlemektedir.

Malzemenin kolay dönüşebilir olması: Yapıda kullanılan malzemenin işlevini bitirdikten sonra gerekli bazı işlemlerin ardından tekrar hammadde olarak kullanılabilmesi çok önemlidir. Bu dönüşümle birlikte hem ekonomik hem de çevresel büyük fayda elde edilmiştir.

Malzemenin yeniden kullanılabilir olması: Tam olarak işlevini kaybetmemiş bir malzemenin yeni bir malzeme yerine kullanılacak şekilde işleve kazandırılması olarak ifade edilmektedir. Dolayısıyla bir yapı malzemesi veya elemanının yapılarda fazla bir işlem görmeden yeniden kullanılması ona önemli bir ekolojik özellik sağlamaktadır. Kalite ve performanstan ödün vermeden fakat israf da etmeden malzeme kullanımı sağlanmalıdır.

Su tüketimine dikkat edilmesi: Su doğal kaynaklar içerisinde büyük bir öneme sahiptir ve bu nedenle suyun etkin kullanılması bir malzemeyi çevresel olarak nitelendirmek için etkin bir kriterdir. Su kaynaklarının tüketimi dışında su kaynaklarının kirletilmemesi gerektiği de göz ardı edilmemelidir. Su ve enerji başta olmak üzere tüm kaynaklarda koruma, tasarruf ve geri kazanım sağlanmalıdır.

Malzemenin yenilenebilir kaynaklarla elde edilmesi: Malzemenin yenilenebilir olarak tercih edilmesi önemli bir çevresel etkidir. Enerji tüketiminin büyük bir çoğunluğu maalesef yenilenebilir kaynaklar yerine kullanıldığı süreden çok daha uzun bir sürede yerini dolduran fosil kaynaklardan seçilmektedir. Bu tür kaynakların aşırı

tüketimi küresel bazda; iklim değışikliği, hava kirliliği, asit yağmurları, kaynakların hızla tükenmesi, doğanın dengesinin bozulması gibi olumsuz sonuçlar doğururken aynı zamanda insan sağlığına da fiziksel ve psikolojik olumsuz etkileri vardır. (Aksu, 2011). Sınırlı ve çevre kirliliği yaratan kaynaklar yerine çevre dostu ve yenilenebilir kaynaklar tercih edilmelidir.

Enerjinin Etkin Kullanılması

Enerji etkin kullanımı yapının oluşum aşamasında gerekli olan enerji miktarını minimum seviyeye düşürmek ve bu enerjiyi de fosil kaynaklar yerine yenilenebilir kaynaklardan karşılanabilmesidir (Demircan v Gültekin, 2015).

Bir malzeme üretim aşamasında çok fazla enerji tüketimi gerektiriyorsa bu malzemenin üretimi çevreci bir tutumda değildir. Enerjinin etkin kullanımı malzeme üretiminden malzemenin kullanılması aşamasına kadar olan basamakları kapsamaktadır. Malzemenin üretiminden sonraki aşamada kullanımı için çok uzak bir noktaya taşınması da enerjinin etkin kullanılmaması anlamına gelmektedir (Karadayı ve Coşgun, 2021). Yerel malzemelerin kullanılması önemlidir.

Çevre ve insan sağlığına zarar vermemesi

Malzeme üretim aşamasından işlevini tamamladıktan sonra yok ediliş aşamasına kadar birçok zararlı gaz ve katı atığa neden olmaktadır. Bu durum çevresel olarak ve insan sağlığı açısından zararlıdır. Bir malzemenin ekolojik olarak iyi olup olmadığını yaratmış olduğu bu zararlı gaz ve katı atık miktarları incelenerek değerlendirilebilir. Birçok çevresel yarar sağlayan malzemelerin aynı zamanda ozon tabakasını tüketen HCFCs (Hidrokloroflorkarbonları) ve insan sağlığı için zararlı VOCs (Uçucu Organik Bileşikleri) yaydıkları bilinmektedir (Karadayı ve Coşgun, 2021).

Çevresel malzemenin yapısal kriterleri genel olarak özetlenecek olursa aşağıda yer alan tablodaki gibi olduğu söylenebilir.

Hammaddenin Korunması	Enerjinin Etkin Kullanılması	Çevre ve insan sağlığı
Yeniden kullanılabilir malzemeden üretilmiş olması	Üretimi kolay olması	Zararlı gazlara neden olmamalı (CO ₂ , Sera gazı)
Yeniden kullanıma uygun	Yerel olması	Katı atıklara kirliliklere neden olmamalı
Kolay dönüştürülebilir	Yenilenebilir enerji kullanması	
Suyu verimli kullanması		
Sağlam olması		

Şekil 2 Çevreci bir malzemenin özellikleri (Karadayı ve Coşgun, 2021).

B. Beton Malzeme ve Bileşenleri

Beton; agrega, çimento ve suyun belirli oranlar ile karıştırılmasıyla elde edilen bir yapı materyalidir. İhtiyaç duyulan yerlerde kimyasal veya mineral katkı maddeleri de karışıma eklenmektedir. Başlangıçta beton plastik bir materyaldir. Sonradan katılaşmasıyla mukavemet kazanmaktadır (Fdu.de, 2023).

Betonarme, kullanım ömrü boyunca doğal hammadde ve enerji tüketerek, çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkisi olan katı atık ve tehlikeli emisyonlar üretmektedir (Coşkun & Esin, 2011). Beton içeriğinde %70 oranında agrega, %20 oranında su, %10 oranında çimento yer almaktadır. İhtiyaç duyulması halinde en çok %5 oranında katkı maddesi eklenebilir (Karagüler, 2014).

Çimento: Doğal kalker taşları ve kilin karıştırılması ve yüksek ısıda pişirilmesinin ardından öğütülmesiyle ortaya çıkan hidrolik bir bağlayıcıdır (Deniz, 2009). Alüminat ve kalsiyum silikat çimentonun kimyasal yapısını oluşturmaktadır (Hasol, 1998). Çimento önce su ile karıştırılıp plastik hamur formu kazanmakta, ardından ise zaman içinde katılaşmaktadır. Bu durum priz olarak isimlendirilmektedir (Ofloğlu, 2014). Beton plastik formdayken mukavemeti azdır. Zamanla katılaşma işlemi tamamlandığında beton mukavemetinin son evresine ulaşılmaktadır (Ofloğlu, 2014).

Yapılarda kullanılan ana çimento türleri aşağıda yer almaktadır;

Portland Çimentosu: Yapılarda en çok tercih edilen çimentodur. Kil ve kireç taşı karıştırıldıktan sonra fırınlarda 1300-1500oC sıcaklıkta pişirilmekte ve karışım

kimyasal tepkime gerçekleştirerek kalsiyum silikatu meydana getirilmektedir. Bu durumda oluşan madde klinker olarak isimlendirilmektedir. Ortaya çıkan klinker soğutulmakta ve öğütülmektedir. Ardından çimentoyu güçlendirmek amacıyla %2 oranında alçı taşı da çimentoya ilave edilmektedir (Ofloğlu, 2014). Portland çimentosu agregaların görünürlüğünü azaltmaktadır bu nedenle agrega görüntüsüne önem verilen yerlerde portland kullanımından kaçınılmaktadır (Karagüller, 2014).

Beyaz Portland Çimentosu: Çoğunlukla beyaz renk kireç taşı ve kil ile meydana getirilmektedir. Beyaz Portland çimentosunun hammaddesi içerisinde demir ve mangan oksit benzeri boyar maddelerin olmaması önem taşımaktadır. Beyaz renkte olmasından dolayı bünyesindeki hammadde ve agregaların görünürlüğünü artırmaktadır. Bu nedenle hazır beton yüzeylerin inşasında kullanılmaktadır (Architecture2030.org, 2021). Fakat içeriğinde yer alan katkı maddelerinden ve üretiminden ötürü yüksek maliyetli bir üründür (Canaktan.org, 2019).

Yüksek Fırın Cüruf Çimentosu: Ani soğutma ile granüle edilen bazik yüksek fırın cürufu ile alçı taşı ve Portland çimento klinkeri belirli oranlarda öğütülmesiyle üretilen hidrolik bağlayıcı üründür. Yüksek fırın cüruf çimentoları orta seviyede ısıya dayanıklı, geçirimsizliği düşük ve bağlayıcılığı yüksek malzemelerdir.

Tıraşlı Çimentolar: Aktif volkanik tüfler veya buna benzer translara alçı taşı ve Portland çimentosu klinkeri eklenerek karışımın iyi şekilde öğütülmesiyle üretilen hidrolik bağlayıcılardır.

Alüminli Çimentolar: Boksit ve kalker karışımının yüksek sıcaklıkta eritilmesiyle üretilen çimentolara verilen isimdir. Priz almasının ardından 24 saat geçtikten sonra Portland çimentosunun 28 günlük mukavemetine ulaşmaktadır. Fakat priz esnasında ortaya çıkan sıcaklık derecesi çok yüksektir. Dolayısıyla soğuk havada kullanılması daha uygundur.

Agrega: Beton ya da harç oluştururken kullanılan, çoğunlukla büyüklükleri 100 mm'yi geçmeyen doğal ya da yapay materyallerden meydana gelen, öğütülmüş ya da öğütülmemiş hammaddelere agrega denir. Çimento ve su ile agregalar tepkime oluşturmamalıdır (Ofloğlu, 2014).

Agregalar ince ve iri agrega olmak üzere ana iki gruba ayrılmaktadırlar. İnce agregaların boyutları 0.08-10 mm, iri agregaların boyutları ise 19- 25 mm aralığındadır (Semtrio.com, 2022).

Beton yapımında tercih edilen agregalara; çakıl, kum, kırma tas, pişmiş kil, yüksek fırın cürufu, bims, genişletilmiş perlit ve uçucu külü örnek olarak gösterilebilir.

Betona agrega eklenmesi durumunda, beton aşağıdaki özellikleri kazanmaktadır:

- Betonun, sertleşirken rötre yapmasını ya da genişmesini önler.
- Aşınmaya karşı betonun dayanıklılığını yükseltir.
- Betonun mukavemetini ve durabilitesini artırır.

Agreganın; dayanıklılığı, su geçirgenliği, porozitesi, mineral yapısı, tane şekli, tanelerin yüzey pürüzlülüğü, gradasyonu, en büyük tane boyutu, termik genişleme katsayısı, elastite modülü, agregada kil olup olmadığı ve agreganın temizliği gibi pek çok faktör betonun mukavemetine etki etmektedir.

Agreganın başlıca fiziksel özellikleri; agregadaki hali hazırda var olan rutubet durumu, özgül ağırlık, agreganın su emme kapasitesi, boşluk oranı, birim ağırlığı, porozitesi, donma-çözülme ve başka fiziksel faktörler karşısındaki dayanıklılığı şeklinde sıralanabilir.

Agreganın taşınması ve depolanmasında aşağıdaki faktörler önem taşımaktadır (Ofloğlu, 2014);

- Agregada tanelerinin kirlenmesi ve içine zararlı maddelerin girmesi önlenmelidir.
- Agregada temiz ve sert bir zemine yığılmalıdır. Yığının en alt kısmında kum, kaya parçaları ya da çakıl benzeri malzemeler yer almalıdır.
- Agregada yer alan suyu yığının dışına atmak amaçlı önlemler alınmalıdır.

Beyaz ya da renkli agregalar betona renk vermek için tercih edilebilir. Dolayısıyla agrega olarak mermer, kuvars kumu, granit gibi doğal taşlar kimi durumlarda da renkli cam seramikler kullanılabilir. Fakat renkli cam seramikler beton ile alkali agrega tepkimesi gerçekleştirebileceğinden bunun meydana gelmemesine özen gösterilmelidir.

Bünyesinde demir barındıran agregalar ise yüzeyde lekelenmeye sebebiyet verebileceği için tercih edilmemelidir (Semtrio.com, 2022).

Su: Beton üretirken tercih edilen suyun pH'ı ≥ 7 olmalı ve bünyesinde karbonik asit, amonyum tuzları, mangan bileşikleri, serbest klor, organik maddeler ve

endüstriyel atıklar yer almamalıdır (Architecture2030.org, 2021). Açık renkli ya da beyaz betonlarda tercih edilecek olan suların bünyesinde ise leke meydana gelmemesi için demir ya da pas olmamalıdır (Ofloğlu, 2014).

Hazır Beton Katkı Maddeleri: Betonun özelliklerini geliştirmek için katkı maddelerine başvurulmaktadır. Katkı maddeleri; renklendiriciler ve kimyasal katkı maddeleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Kimyasal katkı maddeleri betona zarar verebileceğinden yönergelere uyulması gerekmektedir. İstenilen etkiye ulaşılması için çimento ile uyumun göz önünde bulundurulması, doğru oranlarda karıştırılması önemlidir. Bunun dışında kimyasal katkı maddelerinin ayrı masraf yarattığı da unutulmamalıdır.

Kimyasal katkı maddeleri farklı gruplar içerisinde ele almaktadır;

- Hava sürükleyici katkıları; sentetik deterjanlardan, reçine tuzları ve sülfone linyite ulaşılmaktadır. Beton priz alırken, içerisinde yer alan hava kabarcıklarını düzgünce beton içerisinde tutmaktadır (Ofloğlu, 2014).

- Priz hızlandırıcı katkıları: Kalsiyum nitrat, kalsiyum format, trietonamin, kalsiyum klorür ve salisilik asit asıllı içeriklerden meydana gelmektedir. Bu katkıları katılma sürecini kısaltmanın yanında ilk dayanımı da yükseltmektedir. Priz hızlandırıcı katkıları rötrede, işlenebilmede, son dayanımda negatif etkiler sergilemektedir. Kalsiyum klorür kullanımı betonda renk eşitsizliğine sebebiyet verdiği için mimari betonda kullanılmamalıdır.

- Prizi düzenleyici ve su azaltıcı katkıları: Şeker, linyosulfonik, sitrik asit veya hidrokarboksilik asitlerden meydana gelmektedir. Sıcak havalarda beton dökümünde oluşan sıcaklığı düşürerek sertleşme süresinin uzamasını sağlamaktadır. Bunun dışında soğuk derz meydana gelmesinin önlenmesine katkıda bulunmaktadır.

- Mineral ve puzolanik katkıları: Betonun işlenebilirliğini yükseltmek amacıyla tercih edilmektedirler. Uçucu küllerin tercih edilmesi betonda renk eşitsizliğine sebebiyet vermektedir.

- Süper akışkanlaştırıcı katkıları: Betonun ihtiyaç duyduğu suyu büyük oranda düşürmektedir. Sonuç itibarıyla betonun basınç dayanımında %50'nin üstünde yükseliş meydana getirmektedir (Ofloğlu, 2014).

Renklendirici Unsurlar; sentetik veya doğal oksitlerden meydana gelen pigmentler, betonun renklendirilmesinde en fazla kullanılan malzemelerdir. Sentetik oksitler, doğal oksitlere oranla daha iyi sonuç çıkarmaktadır (Canaktan.org, 2019). Pigmentlerin yüzeyde ayrışmasının önlenmesi ve beton içerisindeki dağılımının çoğalması için su azaltıcı katkılara başvurulmalıdır. Kalsiyum klorür donatı korozyonuna sebebiyet verdiğinden ve yüzeyde lekelerle neden olduğundan kullanımı tavsiye edilmemektedir (Architecture2030.org, 2021).

- Demir oksitten; kırmızı, sarı, siyah, kahverengi,
- Krom oksitten; yeşil ve yeşil tonları
- Kobalt oksitten; mavi ve mavinin tonları üretilmektedir.

Pigment seviyesinin çimentonun ağırlık oranına doymuşluk adı verilmektedir. Çoğunlukla pigment katkısının en uygun seviyesi %3'dür. Pigment katkısı az katıldığı zaman betonun rengi arzu edildiği gibi olmazken, %10 gibi yüksek seviyeler ise betona zarar verebilmektedir.

Rengin oluşması için beyaz beton tercih edilmelidir. Beton yüzeyinde her noktanın aynı görünüme ulaştırılması için doymuşluk seviyesi ve kullanılacak suyun oranı iyi hesaplanmalıdır (Oflluoğlu, 2014).

C. Standart Betonarme Sistemlerde Çevresel Etkiler

Betonarme sistemlerde konvansiyonel olarak adlandırılan sistemlerin inşaat yönteminin en büyük özelliği, malzeme üretimi dışındaki tüm üretimin şantiyede yapılması ve emeğin yoğunlaşmasıdır. Teknolojinin gelişmesine rağmen ülkemizde yaygın olarak kullanılan bir yapı sistemidir (Akmandor, 2011).

Beton hazırlanış, şekillendirilebilirlik, yüksek mukavemet, kısa inşaat süresi, dış etkilere karşı dayanıklılık vb. gibi yönleriyle bugün en yaygın kullanılan yapı malzemelerinden birisidir. Bunların arasında dayanıklılık yönüyle beton sürdürülebilirlik açısından önemli bir işlev edinmektedir (Coşkun & Esin, 2011).

Tüm betonarme yapı sistemlerinde aynı malzeme kullanılmasına rağmen; imalat yöntemi ve yapı elemanlarının yerleri, üretimde kullanılan ekipmanlar, kalıp sistemleri, beton yöntemi ve miktarı gibi birçok konuda farklılıklar vardır. Çeşitli düzeylerde çevresel etkilere neden olmakta ve oluşturmaktadırlar.

Sistemlerde kullanılan betonarme, yaşam döngüsü boyunca doğal hammadde ve enerji tüketimi, katı atık oluşumu ve zararlı emisyonlar nedeniyle çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Worldwatch Enstitüsü verilerine göre, yapılaşma faaliyetleri her yıl küresel olarak kullanılan taş, çakıl ve kumun %40'ını tüketmektedir (Ngowi, 2001).



Şekil 3 Standart betonarme yapı şantiye örneği (Cenik, 2014).

Standart Beton sistemlerde kaynak tüketimi ağırlıklı olarak beton üretim aşamasında gerçekleşmektedir; ancak kalıp kullanımı 10 kereden fazla kullanılmaması gerektiğinden kaynak tüketimini artırmaktadır (Akmandor, 2011). Aşağıda yer alan şekilde kalıp örneği yer almaktadır.



Şekil 4 Birden fazla kullanılan kolon kalıp örneği (Cenik, 2014).

Beton aşamasında kullanılan ekipmanların teknik özelliklerine göre enerji tüketimi değişebilir. Standart betonarme sistemlerin su tüketim betonlama aşaması ve bakım-kürleme esnaslarında gerçekleşir. Kürlemede, özellikle yaz aylarında, sıcaklık arttıkça su tüketimi artar. Ayrıca, toz emisyonlarını önlemek için bina alanları belirli aradalıklarla sıra sulanmaktadır. Aşağıda yer alan şekilde kötü bir standart betonarme kürleme örneği görülmektedir.



Şekil 5 Yeterince suya doymamış ve düzeltilmemiş betonarme döşeme örneği (Cenik, 2016).

Katı atıklar standart betonarmede sık rastlanılan bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Beton araçlarının çevrede oluşturdukları beton sızıntıları, kalıp ve donatıların bağlanması aşamasında oluşan parçaların oluşturdukları atıklar ve kalıp sökümü esnasında çivi ve kalıp parçalarından oluşan atıklar gibi sıralanabilir.

Aşağıda yer alan şantiye örneğinde cadde yanında yer alması ve yeterli depolama alanının olmamasından kaynaklı sokağa istiflenmiş donatı elemanları yer almaktadır.



Şekil 6 Şantiyeden sokağa taşan depolama alanı (Cenik, 2016).

Yapı alanından bir araya getirilen standart betonarme sistemler araç trafiği açısından da sürdürülebilirliğe zarar vermektedir. Her bir aracın etrafa ve doğaya verdiği tahribat düşünüldüğünde oldukça önem arz eden bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Standart betonarme sistemlerde insan gücü ve emeği vardır. Kalıp, inşaat demiri ve betonun şantiyede birleşmesi, depolandıkları ve hazırlandıkları alanlardaki yaşam alanını bozmakta, doğal çevreyi olumsuz etkilemektedir.

D. Prefabrike Beton Panel Sistemler, Prefabrikasyon

Endüstriyel üretim bugün hayatın içerisinde yer alan önemli üretim tekniklerinden birisidir. Geleneksel yöntemlerden farklı olarak üretim hızı oldukça yüksek olan bir alandır. 19. yüzyılın başlarından beri sanayileşme, imalat sektöründe gelişme için büyük bir alan bulmuştur; ancak inşaat sektöründe sanayileşme önemli bir gecikme göstermiştir (Hasol, 1967). Hasol bu gecikmenin nedenini şu şekilde açıklamıştır;

- Çok büyük inşaat yatırımları en iyi şekilde planlanmalı ve çok karmaşık imalatlar mükemmel bir şekilde geliştirilmelidir. Bu, birçok bilimsel disiplinin geniş çaplı katılımını gerektirmektedir.
- Otomotiv ve benzeri sektörlerde olduğu gibi az sayıdaki üretim sahasıyla uzak mesafede yer alan ihtiyaç alanlarının ihtiyaçlarını karşılayamayışı. İhtiyaçlar yerel duruma göre değişir, bu nedenle üretimin buna göre ayarlanması zorlaştırması.
- İnşaat sektöründeki üretimin uzun süreli yatırımlar oluşu ve bu nedenle 40-50 yıllık ihtiyacına yönelik üretim ve öngörü gerektirmesi
- İhtiyaç sahiplerinin farklı gelir gruplarından gelmesi nedeniyle başta yaşam alanı olmak üzere bina alımı söz konusu olduğunda ödeme ve satın alma güçleri büyük farklılıklar göstermektedir. Bu, üretimi bir dereceye kadar çeşitlilikle çok farklı maliyet gruplarına bölmeyi gerektirmektedir.
- Dar sanat anlayışı ve insanların bireysel tutumlarının sınırları inşaat sektöründe de görülmesi

Endüstriyel yapı sistemleri geleneksel yapı sistemlerinden makineleşme, rasyonelleşme, prefabrikasyon olmak üzere üçe ayrılmaktadırlar.

1947 yılında Fransa'da "Union syndicale nationale de la Prefabrication"un kuruluşu sırasında prefabrikasyon şöyle tanımlanmıştır; "Kullanma amacına göre mukavemet, görünüm, ikamete uygunluk, konfor, süre ve asgari bakım yönlerinden, teşkil edici kısımlarının çoğunluğu atölyede modern endüstriyel metotların hassasiyeti ile ve seri halinde imal edilmiş olan yapı çeşidi prefabrikasyon olarak kabul edilmektedir (Hasol, 1967). Bir inşaat yöntemi olarak prefabrikasyon, en genel tanımıyla bir fabrika ortamında malzemelerden, bileşenlerin toplu olarak üretilmesi ve daha sonra bu üretilen elemanların montaj için fabrika ortamından şantiye sahasına taşınması süreci olarak tanımlanabilmektedir (Doğruöz, 2005).

Prefabrike betonarme yapı elemanlarının inşaat projelerinin yapımında kullanılması, projenin toplam maliyetinin düşürülmesi, projenin hızlı bir şekilde bitirilmesi ve inşaa edilmesi gibi birçok avantaj sunmaktadır. Ayrıca malzemenin istenen kalite ve dayanıklılığını sağlamakta, malzeme israfını azaltmakta, modülerleştirme ve standardizasyon potansiyelini artırmakta ve şantiyelerde meydana gelebilecek işle ilgili yaralanmaların sayısını önemli ölçüde azaltmaktadır.

1. Prefabrike Beton Panel Sistemlerde Sınıflandırma

Betonarme prefabrike sistemlerde sınıflandırma yapmak istenildiğinde; prefabriğin yapım sistemleri, panoların ağırlıkları, taşıyıcı sistem biçimlenişi, üretim ve pazarlama açısından 5 ayrı sistemsel sınıflandırılma yapabilmektedir. Bunlara alt başlıklar olarak değinilecek olursa,

Yapım Sistemleri; yapım sistemleri olarak anlatılmak istenen endüstrileşmenin yapının ne kadarının fabrika ortamında üretildiğine bağlı olarak oluşturulmuş bir ayrımdır. Bir malzemenin şantiye ortamına gelmeden tamamının endüstriyel ortamda yapılarak gelmesine "tam endüstrileşmiş sistemler" ifadesi kullanılmaktadır. Bir kısmının şantiye ortamında birleştirilerek üretimin sağlanması "kısmen endüstrileşmiş sistemler" olarak ifade edilmektedir. Son olarak geleneksel sistemlerin geliştirilerek uygulamaların yapıldığı filigran sistem gibi uygulamalara da "gelişmiş geleneksel sistemler" denir. Kısacası yapım sistemleri 3 ayrı sınıfa ayrılmış olur.

Pano Ağırlıkları; pano ağırlıklarına göre yapılan sınıflandırmaların tanımları zaman zaman değişiklik gösterse de 3 ayrı sınıf olarak düşünülebilir. Ağır panolar,

Orta panolar ve hafif panolar şeklinde ifade edilebilir. Ağır olarak ifade edilen panolar genellikle 500 kg üzerinde yer alan duvar, döşeme gibi elemanlar olarak düşünülebilir. Hafif panolar için ise 50 kg altında kalan grup olarak nitelendirebilir. Orta Ağırlık bu iki grubun arasında kalan kiloları kapsamaktadır.

Taşıyıcı Sistemler: iskelet sistem, panel sistem ve hücre sistem olarak ayrılmaktadır. İskelet sistemler daha geniş açıklıkların kullanıldığı depo, fabrika, garaj gibi yapılarda kullanılmaktadır. Yapıyı kolon, kiriş gibi tek boyutlu strüktürel parçalara ayıran sistemdir. Taşıma işlevi yüklenen kolon, kiriş, çerçeve gibi tek boyutlu strüktürel parçalarla, bölme işlevi yüklenen duvarları ise panel ve döşeme plakları ile oluşan yapım sistemidir (Kahveci, 2019).

Panel sistemler yapıyı döşeme ve duvar elemanları olan iki boyutlu düzlemsel bileşenler oluşturmakta ve kendi içinde de üçe ayrılmaktadır. Bunlar; taşıyıcı paneller, bölücü paneller ve özel işlevli panellerdir.

Hücre sistemler yapıyı oluşturan üç boyutlu elemanların bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Bu sistemler, konut, okul gibi yapılarda kullanılmaktadır. Kapalı sistemler ve açık hücreli sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

Üretim ve Pazarlama: betonarme prefabrike sistemler üretim ve pazarlama açısından kapalı sistemler, yarı kapalı veya yarı açık sistemler ve açık sistemler olarak üç sınıfa ayrılmaktadır. Kapalı sistemler; bir yapı tipi için fabrikada üretilen sadece belli bir yapı türünü ele alan sistemlerdir. Yani üretilen parçalar sadece bu yapı türüne özel olarak üretilmekte, şantiyede birleştirilmektedir. Bu pazarlama tipi standartlaşmayı hedefler böylelikle tip olarak kodlanan yapı grubunu birden fazla kez aynı olacak şekilde imal edebilmektedir. Yarı kapalı sistemler; yapının tamamının değil parçalarından bir kısmının fabrikada üretildiği fabrikasyon türüdür. Planlama koordinasyon ve ana üretim belli bir sisteme bağlı olarak gelişmekle birlikte alt üretim ürünleri diğer üretim sistemlerinin bileşenleri olabilmektedir (Kahveci, 2019). Açık sistem; tasarımcı binayı çeşitli firmaların ürettiği bileşenleri bir araya getirerek oluşturabilmektedir. Firmalar ürettikleri bileşenlerin boyutsal ve yapısal özellikleri, toleranslar vb. gibi özelliklerini kataloglarında belirtilmektedir.

2. Prefabrike Beton Panel Üretiminde Kullanım Alanları

Prefabrike beton parçalar, günümüzde inşaatın birçok alanında aktif kullanılan bir yapı elemanıdır. Ticari ve endüstriyel yapılarda, geniş açıklıklar ve mümkün olan

seri üretim nedeniyle büyük ölçekte kullanılmaktadırlar. Eleman tavanları, döşemeleri merdiven basamakları ve balkon döşemeleri gibi prefabrike bileşenler de küçük ölçekli bina yapımında yaygındır. Ekonomik açıdan prefabrike parçalar geleneksel betonla rekabet etmektedir (Schittich, 2016).



Şekil 7 Prefabrike üretim balkon malzeme (bedo-fertigteile.de, 2023).



Şekil 8 Prefabrike üretim merdivenin şantiye ortamında montaj aşaması (bedo-fertigteile.de, 2023).



Şekil 9 Şantiye sahasına taşınış prefabrike üretim döşeme (bedo-fertigteile.de, 2023).

Mekânı bölme ve taşıyıcılık görevlerini birlikte yüklenen strüktürel elemanlara panel denir. Özellikle belirtmek gerekir ki standart betonarme malzemenin birleşimlerinin aynısı prefabrike betonarmede de kullanılmaktadır. Prefabrike betonarme imalatında malzeme seçimi önemlidir. Farklı malzemeler arasından ihtiyaçlarımızı karşılayabilecek performansa sahip malzemeyi belirleyebilmek için inşaat alanında kullanılan bazı malzeme özelliklerinde şunlar aranmaktadır;

- Mekanizasyona uygun ve kolay adapte edilebilir olmalıdır.
- Isı, su ve ses izolasyonu mümkün olan her yerde önlem alınmalıdır.
- Çeşitli kullanım ve iklim koşullarında zamanla bozulmamalı, yatay ve düşey yüklerle deforme olmamalıdır. Yeterli statik dayanıma sahip olmalıdır,
- Yüksek statik direnç,
- Taşıma ve paylaşım işlevselliği sağlayabilen bitmiş bir ürünün mevcut olduğundan ve bağlantının kolay olduğundan emin olmanız gerekmektedir.

Yaygın olarak kullanılan bazı paneller vardır. Bunlar (Schittich, 2016);

Tek kanatlı dolu duvar panelleri: Bu panel tipi en basit yapı tipidir. Görünür tarafları genellikle pürüzsüzdür, aşınmış olan prüzsüz bir yüzeye düzleştirilerek eriştirilebilmektedir. Bu tür duvarların dış cephesinde ısı yalıtımlı kompozit sistem veya giydirme cephe varsa, panelin içeriği artık dış görünümünden okunamaz. Prefabrik beton parçalardan yani panellerden oluşan bir kaplama ile çok sayıda bölme, renk ve tasarım seçeneği mümkündür. Bu panellerin ortak kümesi, taşıyıcı eleman boyutlarından tamamen bağımsızdır.



Şekil 10 Tek kanatlı dolu duvar panelleri (bedo-fertigteile.de, 2023).

Çift kanatlı duvar paneller: Masif duvarın daha da geliştirilmesi prekast ve yerinde beton yapım yöntemiyle kombine olarak üretilmiştir. Çift duvar, yapısal olarak güçlendirilmiş iki eleman levhasından ve ayırıcı olarak kafes kirişlerden oluşmakta, bağlantı beton hala taze ve ıslakken prekast fabrikasında gerçekleşmektedir. Bu formda duvarlar şantiyeye taşınmakta ve kurulmaktadır.

Boşluklara sahada beton dökülerek, sadece çift kanatlı duvarlar birbirine bağlanmakla kalmamakta, aynı zamanda bu iş adımı, bağlantı donatısı veya yalıtım bağlantıları gibi diğer bileşenler de birbirine bağlanabilmektedir. İki elemanlı duvarların her biri minimum 6 cm kalınlığa sahiptir. Toplam kalınlığı 18 ile 40 cm arasında olan duvarlar mümkündür. Büyük bir avantaj, her iki taraftaki kalıp-pürüzsüz ve boyaya hazır yüzeydir. Bir duvar kabuğunun üst veya alt çıkıntısı, döşeme levhasının betonlanması sırasında kenar kalıbını da korumaktadır. Ayrıca dış köşelerin ve fabrika girintilerinin oluşturulması için köşeli bileşenler (örneğin pencereler için) yaygındır.



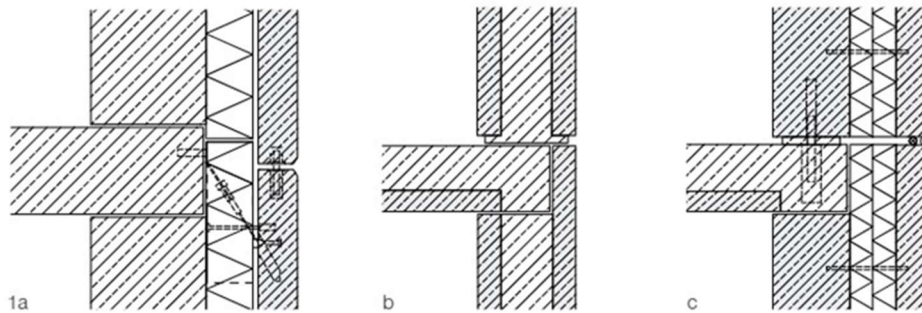
Şekil 11 Çift kanatlı duvar paneller (bedo-fertigteile.de, 2023).

Sandviç duvar paneller: Bu prefabrike parça, yüksek ısı yalıtımlı duvar konstrüksiyonları için ekonomik bir çözümdür. Kaplama kalıbından başlayarak katman katman betonlanmaktadır. Kademeli bağlantılara sahip iki katmanlı yalıtım, kaplama ve destek kabuğu arasında yer almaktadır. İzolasyon malzemesi olarak ihtiyaca göre genişletilmiş veya ekstrüde polistiren ve mineral yün kullanılabilir.



Şekil 12 Şekil 12 Sandviç duvar paneller (bedo-fertigteile.de, 2023).

İki kabuk arasındaki statik bağ, imalat işlemi sırasında betonla kaplanmış paslanmaz çelik ankrajlarla oluşturulmaktadır. Cam elyaf takviyeli plastikten yapılan dübeller, daha az ısı ilettikleri için yalıtım özelliklerini iyileştirmektedir. Sandviç elemanlar için de maksimum üretim uzunluğu 10 m'dir; ancak kaplama kabuğu çok daha ince olduğundan ve çatlaklar ve deformasyonlar oluşabileceğinden yaklaşık 6 m sonra kesilmelidir.

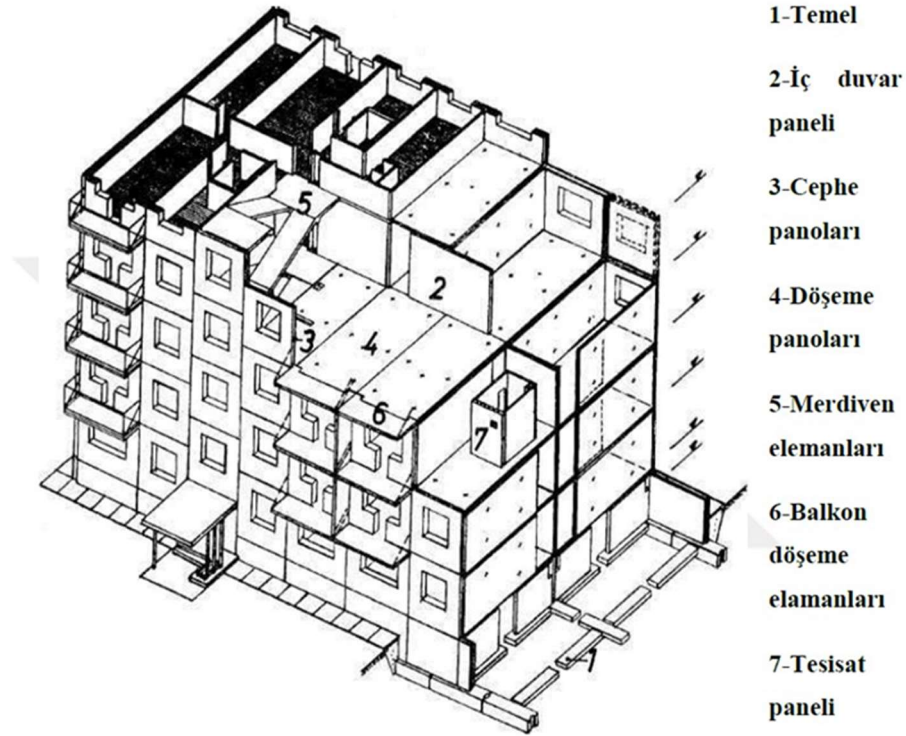


Şekil 13 Panel sistemlerinin görselleştirilmiş hali (Schittich, 2016).

Şekil 1a Tek kanatlı dolu duvar panelleri temsil ederken, (b) çift kanatlı duvar panelleri ve (c) sandviç panelleri temsil etmektedir.

Prefabrike beton bünyeli panel sistem elemanları

Prefabrike betonarme parçalar, fabrikada hazırlanan kalıplarda seri üretilip, şantiyeye nakledilmekte, vinçle montajı yapılmakta ve özel olarak proje bazlı tasarlanıp hazırlanmaktadır (Kargılı, 2005).



Şekil 14 Başlıca yapı elemanlarının sınıfsal gösterimi (Kargılı, 2005).

1. Temel

Mimari yapıların temel sistemleri genellikle hazır olarak üretilmemektedir. Endüstriyel üretim bunu sağlamasına rağmen genellikle yapının oturum yeri, bina üzerinde oluşacak ağırlıkların değişmesi ve bu tip elemanların taşınmasında oluşabilecek güçlüklerden dolayı tercih edilmemektedir.

2. İç duvar paneller

İç duvar paneller binanın içerisinde yer alan, taşıyıcı bir rol üstlenmeyen sadece bölücü duvarlardan oluşan bir sistemdir. Prefabrik beton duvarlar, kafes kirişlerle birbirine bağlanan iki prefabrike beton levhadan oluşmaktadır. Bu nedenle genellikle çift duvar veya boşluklu duvar olarak da adlandırılmaktadır. Eleman duvarlarının şantiyede monte edilmesi durumunda, boşluk alan betonla doldurularak pürüzsüz betonarme bir duvar elde edilmektedir. Prefabrike duvar, herhangi bir kat planına ayrı ayrı uyarlanabilir ve bu nedenle herhangi bir inşaat projesi için uygundur. Eleman

duvarı bodrum inşaatı, çok katlı bina ve endüstriyel inşaat için kullanılmaktadır (Prefab.org.tr, 2023).



Şekil 15 İçi boşluklu Çift kanatlı betonarme bölücü duvar panelleri (Cenik, 2019).

3. Cephe Panelleri

Prefabrik olarak fabrikada üretilen cephe elemanları her türlü binaya monte etmek mümkündür. Elemanlar; isteğinize göre astarlı veya astarsız, çift katlı, yalıtımlı ve dokulu olabilmektedir.



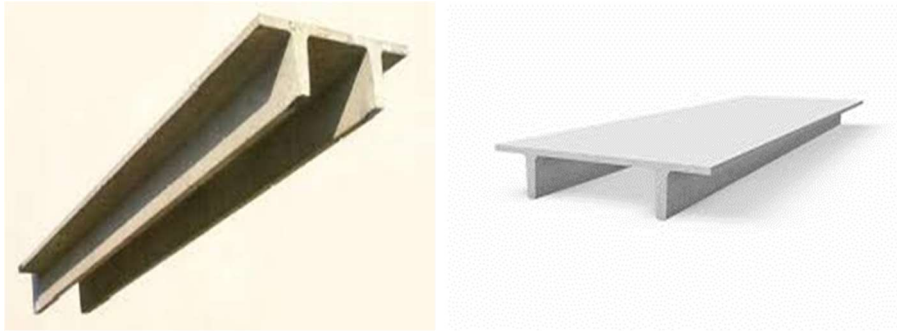
Şekil 16 Prefabrike Üretilen Cephe Elemanları (Prefab.org.tr, 2023).

Daha ince kesitlerle geniş açıklık geçebilme ve yüksek yük kapasitesine sahiptir. Yerinde dökme sistemlere göre düşük öz yüke sahiptir. Yüksek üretim ve uygulama hızı sağlamaktadır. Hava koşullarından bağımsız üretim yapılabilmektedir (Prefab.org.tr, 2023).

4. Döşeme Panelleri

Döşeme panelleri yapının yatay birleşenlerini ifade etmektedir. Standart betonarmede üretilen döşemenin endüstriyel ortamda hazır bir şekilde üretilmesiyle elde edilmektedir. Şantiye ortamında vinç yardımı ile birleştirme işlemleri yapılmaktadır. Dört ayrı gruba ayrılabilir. Bunlar; çift T döşeme elemanları, boşluklu döşeme, filigran döşeme, asmolen döşeme kirişleridir.

Çift T döşeme elemanları; döşeme, çatı ve cephe elemanı olarak kullanılabilir. Büyük yatırım maliyetleri gerekmez. Bu nedenle herhangi bir prekast beton üreticisinden temin edilebilmektedir.



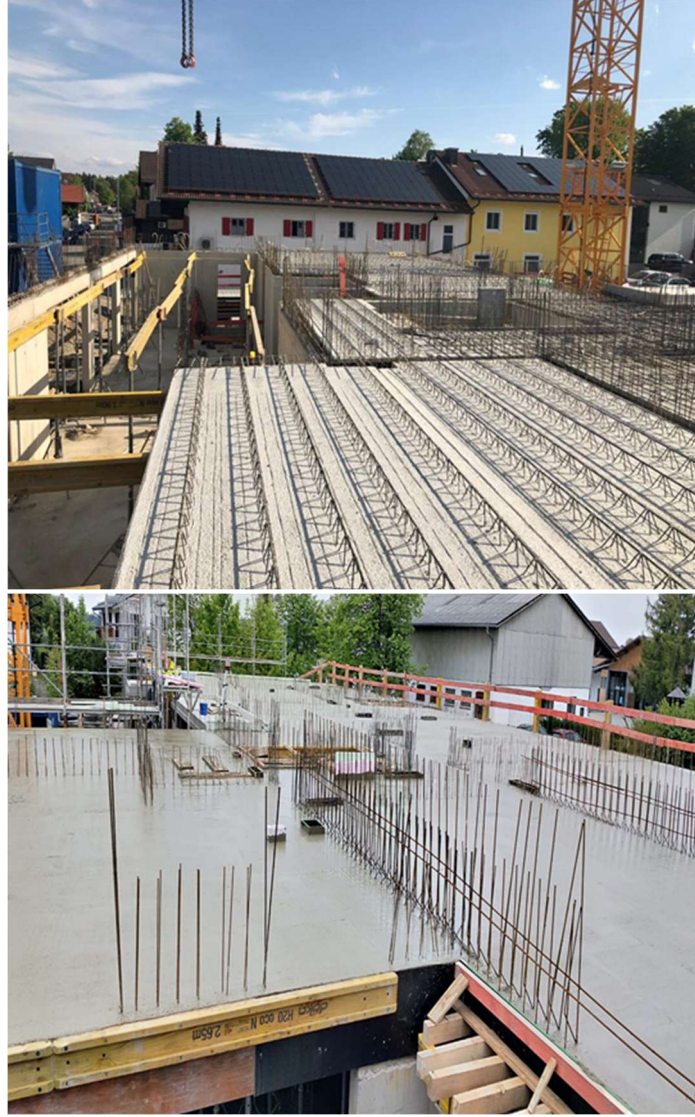
Şekil 17 Çift T döşeme elemanı (Prefab.org.tr, 2023).

Boşluklu döşeme; ölü yükleri azaltmak ve daha büyük açıklıklardan geçmek için döşeme kalınlıklarında boşluklar sağlamak ancak prefabrikasyona uygulanabilir gelişmiş üretim teknikleri sayesinde mümkün olmuştur. Bu üretim teknikleri ile ön gerdirme cihazları kullanılarak özel kayışlar üzerinde mekanik olarak seri üretim gerçekleştirilerek 60 cm veya 120 cm genişliğinde ve 10 cm ila 46 cm kalınlığında elemanların üretimine olanak sağlanmaktadır (Prefab.org.tr, 2023).



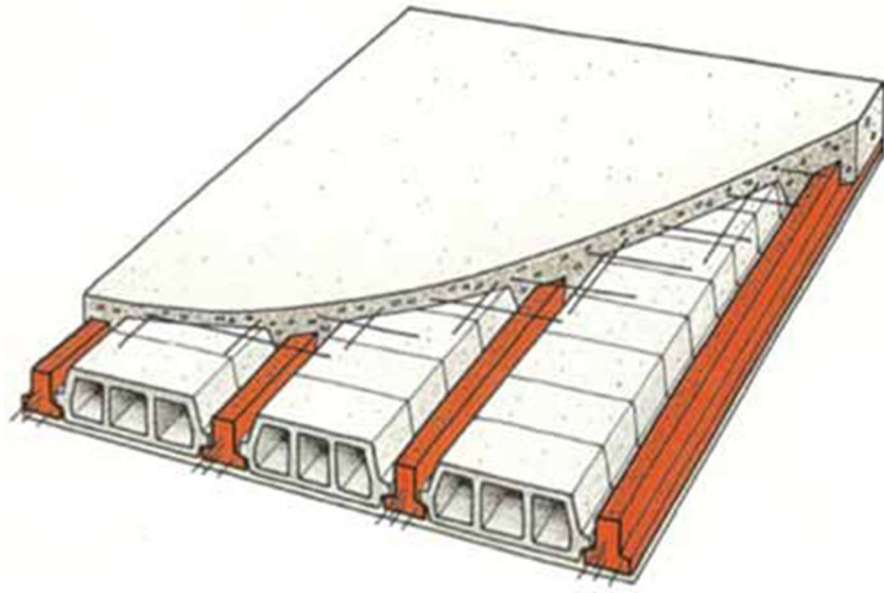
Şekil 18 Ön Gerdirmeli Boşluklu Döşeme (Prefab.org.tr, 2023).

Filigran Döşeme; Prefabrike beton döşemesi, yerinde bir beton takviyesi ve yapısal olarak gerekli üst donatı ile birlikte bir betonarme döşemenin üretildiği yarı mamul betonarme bir parçadır. Üretime ve tesise özel olarak 2,45 m, 2,48 m, 2,50 m ve 3,00 m arasında değişebilen standart genişliklerde 5 cm kalınlığında beton plaklardır. Prefabrik beton döşeme düzgün bir alt görünümüne sahiptir. Tüm olağan kat planları ve yapısal gereksinimler uygulanabilmektedir. Merdiven açıklıkları, bacalar vb. için girintiler bireysel üretimlerde dikkate alınmaktadır (Fdu.de, 2023).



Şekil 19 Filigran döşemenin şantiyeye geldikten sonraki ilk ve son hali (Cenik, 2021).

Asmolen Döşeme Kirişleri; Prefabrik döşeme kirişleri asmolen döşeme teşkilinde kullanılan prefabrik elemanlardır. Bu kirişler öngerilmeli olarak üretilirler. Yerinde dökülen betonla tablalı kesit oluşturularak kompozit olarak çalışırlar (Prefab.org.tr, 2023).

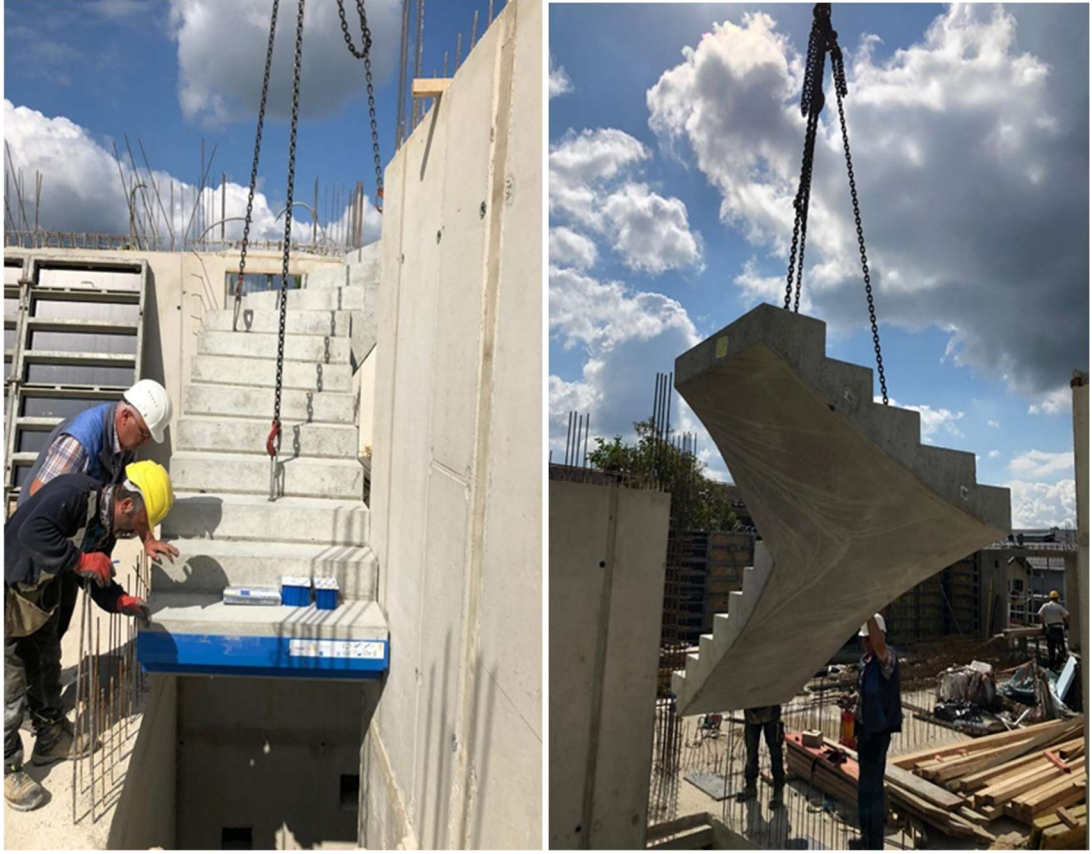


Şekil 20 Prefabrike Asmolen Döşeme Kirişleri (Prefab.org.tr, 2023).

5. Merdiven Elemanları

Betonarme merdivenlerin projeye uygun şekilde ihtiyaca yönelik endüstriyel ortamda üretilmesi ile elde edilmektedir. İster içeride ister dışarıda olsun, prekast beton merdivenler çeşitli şekillerde kullanılabilmekte ve güvenlikle ilgili ve bina fiziği gereksinimlerini de karşılayan bireysel ve ekonomik bir çözüm sağlamaktadır.

Prefabrike merdivenler güvenli, esnek ve yüksek yangından korunma ve darbe sesi yalıtımı standartlarını karşılamaktadır. Prefabrike merdivenler pürüzsüz beton kalitesinde üretilmektedir. Prefabrik merdivenler, inşaat ilerledikçe kat kat kurulmaktadır. Montajdan sonra direkt olarak üzerinde yürünebilmektedir (Fdu.de, 2023).



Şekil 21 Prefabrike üretilmiş merdivenin şantiyede montaj araması (Cenik, 2021).

Şantiye ortamına getirilen merdiven vinç yardımıyla yerine yerleştirilmektedir. Döşemeden döşemeye oturması sağlanmaktadır.

Standart betonarmede üretim süreci zor olan merdivenin bu şekilde şantiye ortamına getirilmesi hem zaman açısından hem kalıplama sürecindeki eleman gücü ve kirlenme açısından iki sistem arasında oldukça büyük bir fark yaratmaktadır.

6. Balkon Döşeme Elemanı

Prekast beton balkonlar modern, sağlam ve maksimum esneklik sunmaktadır. Yaratıcılığın neredeyse hiçbir sınırı yoktur. Engelsiz geçişler gibi çeşitli şekiller ve özel istekler hem teknik hem de ekonomik olarak uygulanabilmektedir.

Prekast beton balkonlar, denenmiş ve test edilmiş destek sistemleri kullanılarak ana yapıdan termal olarak kolayca ayrılabilen ve böylece termal köprülerden kaçınılabilmektedir. Beton yüzeyin yüksek kalitesi, yağmur suyu drenajı söz konusu olduğunda büyük avantajlara sahiptir. Yüksek boyutsal doğruluk, panelin üst tarafındaki her noktanın tam olarak planlanan eğime sahip olmasını ve su birikintisi oluşmamasını garanti etmektedir (Fdu.de, 2023).



Şekil 22 Hazır Betonarme Balkon Döşemesi (Cenik, 2022).

Bu tarz üretim sağlanan balkonlarda tesisat sistemleri de projeye özel üretilip gönderilebilmektedir.

7. Tesisat Paneli

Tesisat elemanı olarak üretilen prefabrike paneller genellikle bodrum katlar için üretilen ışıklık açıklıkları şömine, baca, şaftlar, merdiven çekirdeği gibi alanlardır. Örneğin baca tipik olarak üç tabaka halinde inşa edilir ve mineral elyaftan yalıtkan bir tabaka ile kaplanmış seramik bir iç borudan oluşmaktadır. Yalıtılmış boru ise beton bir ara parçaya monte edilmektedir. Bu baca binanın içine kurulmakta ve böylece bir tuğla bacanın yerini almaktadır. Baca konumu serbestçe seçilebilmektedir.



Şekil 23 Prefabrike Betonarme Baca (Cenik, 2022).



Şekil 24 Prefabrike Üretim Aydınlik Açıklığı (Cenik, 2021).

3. Prefabrike Beton Panel (Prefabrikasyon) Sistemlerin Üretim Süreci

Üretimin prensipleri; az işçilik mümkün olan en hızlı üretim ve yüksek kalitedir. Geleneksel sistemlerle kıyaslandığında bu prensipler ancak makineleşmiş üretim yöntemi kullanmak amacıyla yapılabilmektedir (Aksoy, 1994).

Prefabrike malzemelerin üretimin büyük bölümü makinelerin kontrolü altında olmaktadır. Üretim süreci genel olarak 2 gruba ayrılmaktadır.

1. Şantiyede Üretim

Şantiyede üretimde iki şekilde uygulama yapılabilir:

- Şantiyede kurulan üstü açık veya kapalı seyyar fabrikalarda üretimi
- Monte edilecek prefabrike elemanları çok yakınında zeminde üzerinde üretimi

Bu sistemde tesis şantiye yanındadır. Elemanlar şantiyede kurulan üstü açık veya kapalı bir geçici fabrikada üretilebilmektedir. Bu tip tesislerde iş kapasitesi ve ihtiyaç programı sınırlı olan üretimlerden yapı ürününün ortaya çıkmasına kadar kurulan üretim merkezleridir.

Ayrıca iş bitiminde bir yerden diğer bir yere nakledilebilen bu üretim merkezlerinin makine ve araç donatımının yatırımlarını azaltma amaç edinilmiştir. Bu nedenle bu tür üretim merkezlerine “gezici fabrika” da denir. Bu maliyette düşüş ve teknik elemanlardan başka işlerde yararlanılma olanağı doğurmaktadır.

Şantiyede üretimde iklim faktörü önemlidir. -5 derecenin altında çalışma yapılacaksa fabrikanın üstü açık olmamalıdır. Taşıma sorunlarından kurtulmak için büyük boyutlu elemanlar (iskelet sistem) şantiye fabrikalarında üretimi tercih edilmelidir. Çimento, harç, demir, ahşap gibi malzemelerin kullanımının azalması nedeniyle şantiyedeki malzeme yığılmaları azalmaktadır. Şantiyedeki sirkülasyon rahatlamakta ve temizlik işlemleri kolaylaşmaktadır.

2. Fabrika Üretimi

Bu modelde belirli bir yere kurulan tesis (sabit fabrika), belirli bölgelerdeki (fabrika yarıçapı içindeki) yapıların bileşenlerini üretmek amacıyla kurulmaktadır. Prefabrikasyonun en önemli özelliklerinden biri yapımın hızlı olmasıdır. Bu tür üretimde kalıp elemanları fabrika içindedir. Yapım aşamasında montaj iklim koşullarından etkilenebilmektedir. Bunlar rüzgâr yağmur don olayları olup, bu etkilerle yapım gecikir ve yapı bileşenleri hasar görmektedir. Yapı bileşenlerinin fabrikada üretimi prefabrikasyonun dış etkilerden (iklim, doğa olayları) uzak yapılmasını sağlamaktadır. İşçilerin daha iyi ışık, ısınma şartları altında dış etkilerden korunarak çalışmalarını üretimde verimi arttıran etkenlerdendir.

Yapımın fabrikada üretilmiş hazır elemanlarla üretimi oluşturmada geleneksel yöntemle üretilmiş yapıya oranla saat cinsinden ortalama üretim sürecinde zamandan %30 ekonomi sağlamaktadır. Özellikle yatay durumda yapılan üretimde produktivite artmaktadır (Kahveci, 2019; Baykal, 1984).



Şekil 25 Fabrika alanında hazır beton elemanlarının üretimi (Cenik, 2023).

Fabrika üretimi, sanayileşmenin tüm olanaklarından yararlanma olanağı sunar. Bileşen kalite kontrolünü ve üretim otomasyonunu etkinleştirir. Sürekli üretim, çalışanların belirli alanlarda uzmanlaşmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda üretilen bileşenlerin kalitesini de artırmaktadır. Büyük üretim partilerine ulaşıldığında diğer sistemlerden bile daha ekonomiktir. Teknik imkanların yanı sıra üretimde asıl amaç üretim kapasitesinin devamlılığıdır. Amaç, ihtiyaçlarınızı en karlı şekilde karşılayabilecek bir fabrika modeli oluşturmaktır.

Geleneksel inşaatta, inşaat malzemelerinin bir kısmı artık veya şantiyede mevcut değildir. Malzeme karışması, kirlenme, dökülme, kalıp malzeme ömrünün kısalığı gibi nedenler maliyetleri artırmaktadır. Verimsiz bir inşaat döneminden sonra yıkılan, başka bir işlevi olmayan, yıkım sırasında kısmen yıpranan ve kısmen kullanılamaz hale gelen kalıp, iskele gibi malzemelerin fabrikada neden olduğu kayıplar en aza indirilmektedir.

4. Prefabrike Beton Panel (Prefabrikasyon) Sistemlerde Depolanma Süreci

Endüstriyel hazır beton paneller sahaya getirildiğinde henüz kullanılacak alanın hazır olmaması durumunda depolamaya ihtiyaç duyulabilmektedir. Prefabrike beton paneller mevcut yapı parçalarının üzerinde veya yanında depolanacaksa, bunların

taşıma kapasiteleri önceden kontrol edilmelidir. Gerekirse ek destekler kullanarak aşırı yüklemekten kaçınılmalıdır. Prefabrike beton paneller, henüz yeterince sağlam olmayan bina konstrüksiyonlarına hiçbir koşulda dayandırılmamalıdır. Prensip olarak amaç, bitmiş parçaların nakliye aracı tarafından hemen monte edilmesi olmalıdır. Aksi takdirde, bitmiş parçalar eğilmeyecek ve kaymayacak şekilde depolanmalı ve mümkünse aşırı gerilimden kaçınılmalıdır.



Şekil 26 Hazır beton elemanlarının dış alanda depolanması (Cenik, 2023).

Prefabrik parçaları döndürürken veya kurarken yük ankrajlarının izin verilmeyen şekilde yüklenmesini önlemek için, saptırma parçaları veya döndürme cihazları gibi uygun önlemler kullanılmalıdır.



Şekil 27 Hazır beton elemanlarının taşınması (Cenik, 2023).

Ara depolama durumunda bitmiş parçalar, şüphe halinde aynı kesite sahip kare kereste kullanılarak yük bağlantı noktalarının altında bu amaç için öngörülen noktalardan desteklenmelidir.

Altlık kerestesinin beklenen girintisi nedeniyle, her durumda yerden yükseklik garanti edilecek kadar yüksek doldurulmalıdır (Fdu.de, 2023).

5. Prefabrike Beton Panel (Prefabrikasyon) Sistemlerde Taşıma Süreci

Prefabrike beton elemanlar fabrikadan şantiyeye kara, deniz veya demiryolu ile nakledilir. Özel durumlarda hava nakliyesine öncelik verilmektedir. Bu nakliye türlerinden en yaygın olanı karayolu nakliyesidir. Karayolu nakliyesi, elemanların boyutlarına çeşitli sınırlar getirmektedir.

Karayolu ulaşımında yol koşullarının etkisi vardır. Mesela tünel ve köprülerin yol üzerindeki yükseklikleri ve yolun genişliği, eleman ölçü ve ağırlıklarının seçiminde önemli rol oynamaktadır (Kargılı, 2005).

Araştırmalar, karayolu, demiryolu ve denizyolu taşımacılığının maliyetinin, taşıma mesafesine ve prefabrike beton elemanların sayısına bağlı olarak büyük ölçüde değiştiğini göstermiştir. Genel olarak, en pahalı ulaşım şekli karayoludur, ardından demiryolu gelmektedir. rn miktarı belli bir seviyeyi aşarsa en ucuz nakliye denizyoludur. Genelde ulaşım karayolu ile yapılır ve bu tercihin nedeni mevcut n mühendisliği yapılmış sistemlerin çoğunun karayolu taşımacılığı için tasarlanmış olmasıdır (Kahveci, 2019).

6. Prefabrike Beton Panel (Prefabrikasyon) Sistemlerde evresellik

Endüstriyel hazır beton panellerini çevresellik kavramı içerisinde incelediğimizde sağladığı bazı avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Büyük ölçüde seri üretimi ve kalıbın birçok kez kullanımı sayesinde atık oranının önlenmesi ve hammadde tüketiminin azaltılması
- şantiye ortamının gürültü kirliliği ve ortaya çıkan toz, atık kirliliğinin fabrika üretimi sayesinde büyük oranda azalması
- Kısa inşaat süreçleri ve zamanında teslimat sayesinde şantiyede alan tasarrufu edilebilmesi

Endüstriyel hazır beton paneller ile inşaat aşamasını tamamlamış bir bina, enerjik, statik, optik ve ekonomik avantajlara sahiptir artan hammadde kıtlığı, enerji fiyatları, sınırlı depolama alanı gibi ve düşük hammadde ve enerji tüketimi sürdürülebilir binalarda mümkün olan en yüksek yeniden kullanılabilirliği sağlamaktadır.

7. Prefabrike Beton Panel Sistemlerin Deprem Durumunda Davranışı ve Tasarımı

Prefabrike yapılar için oluşan en büyük soru işareti deprem dayanımı ile ilgilidir. Deprem açısından bakıldığında tıpkı elik yapılarda olduğu gibi bağlantı noktalarına odaklanmak gerekmektedir.

Bağlantıdaki elemanlarındaki zayıflıklar, yapıların deprem davranışını etkilemektedir. Betonarme yapıların depreme göre detaylandırılması uzun bir geçmişe dayanmaktadır ve geliştirilen kurallar genellikle yerinde dökme beton için geçerlidir. Oldukça yakın bir geçmişi olan prefabrike yapılarda ise bağlantı bölgesi yapının en zayıf halkasını oluşturmakta ve bilhassa deprem bölgelerinde yapılacak prefabrike yapıların depreme karşı dayanıklılığının ve davranışında bağlantıların etkisini daha da belirginleştirmektedir (Doğruöz, 2005).

Deprem bölgelerinde yapılan betonarme yapıları, deprem yükleri altında doğrusal-elastik kalacak şekilde tasarlamak genelde ekonomik bir çözüm değildir. Yeni deprem yönetmeliğinde, şiddetli depremlerde can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen ya da tamamen göçmelerinin önlenmesi öngörülmektedir (Doğruöz, 2005).

Yapı elemanlarının standart betonarme sistemlerde ve prefabrike beton sistemlerde de birleşim ve bağlantı noktaları gerektiği gibi uygun yöntemlerle rijitlik standartını sağlamaya yönelik olmalıdır. Depreme dayanıklı bir yapının üç koşulu sağlaması gereklidir. Dayanım, süneklik ve yanal rijitlik. Her iki sistem içinde gereken bu 3 ana koşul özellikle deprem bölgelerindeki yapılarda uygulanmalıdır.

Aşağıdaki tabloda her iki sistemin taşıyıcı sistem bağlamında süneklik düzeyine göre sistemlerde yapıların davranışlarının karşılaştırması yapılmıştır.

Çizelge 1 Doğruöz'ün hazırladığı tablo (Doğruöz, 2005).

Bina Taşıyıcı Sistemi	Süneklik düzeyi normal sistemler	Süneklik düzeyi yüksek sistemler
1.Yerinde Dökme Binalar		
1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
1.4) Deprem yüklerinin, çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7

2.Prefabrike Betonarme Yapılar		
2.1) Deprem yüklerinin tamamının, bağlantıları tersine momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar	3	6
2.2) Deprem yüklerinin tamamının; kolonları temelde ankastre, üstte mafsalı tek katlı çerçevelerle taşındığı binalar	0	5
2.3) Deprem yüklerinin tamamının prefabrike boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	0	4
2.4) Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluksuz) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	3	5

E. Bölüm Sonucu

Yaşadığımız yüzyılda çevrecilik kelimesini her alanda konuşulan bir konu haline gelmiştir. Sektörel anlamda baktığında inşaat sektörü çevre kirliliğine neden olma açısından büyük bir paya sahiptir. Bu nedenle yapı sektöründe de çevre için daha yararlı yaklaşımlar gerektiği bilinmektedir. Çevre bilinci edinebilmek için öncelikle kullanılan malzemelerin ne gibi zararları olduğu bilgisine sahip olmak ve bu zararları nasıl en aza indirilebileceği hakkında araştırmalar yapmak, çözümler bulmak gerekmektedir. Aynı zamanda çevreci bir malzemenin gerekliliklerine hâkim olmak gerekmektedir.

İnşaat yapı piyasasında betonun en çok kullanılan malzeme olduğu görülmektedir. Betonun uzun süreler dayanıyor olması ve kullanım esnasında fazla bir bakım gerektirmemesi betonu çevreci bir malzeme gibi gösterebilmektedir. Ancak tek başına bu yeterli gelmemektedir. Betonun oluşumundan yok oluşuna kadar geçen sürede gerekli olan enerji miktarı ekolojik yapısı açısından bir sonuca varılmasını sağlamaktadır. Hammadde olarak kullanılan doğal kaynakların tüketiminden insan sağlığına ve çevreye zararlı gaz ve atık oluşumuna kadar çevresel bir etkisi vardır.

Kullanılan materyal çevreye uygun normlarda ilerlemesi, geri dönüşüme uygun olması, üretim aşamasında gereksiz israf yaratmaması, katı atık oluşumunda minimum ölçekte kalabilmesi beton ya da başka bir malzeme için çevreci bir çözüm yaratmaktadır. Bunun yanında üretim, taşıma ve uygulama zamanlarında gerekli enerji miktarının çok fazla olmaması da bu konu için önemlidir.

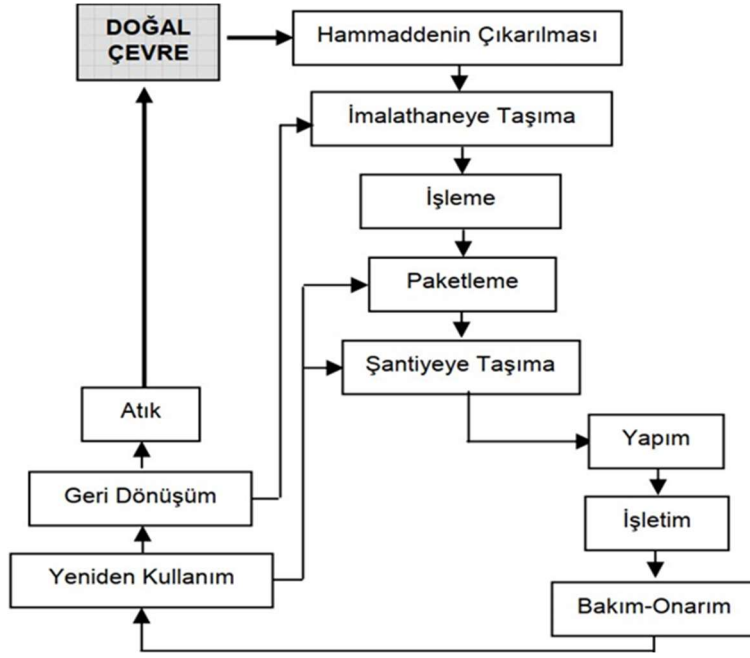
Standart betonarme sistemler ile prefabrikasyon olarak üretilen beton panellerin malzeme olarak aynıdır. İki sistem arasındaki farklılaşma saha içi ve saha dışı

üretimler olmalarıdır. Prefabrikasyonun üretiminde görülen avantajlar imalat aşamasının tek bir alanda yapılıp standart betonarme uygulamalarına göre yaşanabilecek teknik sıkıntıların endüstriyel çözümlerle ortadan kaldırılmasıdır. Böylelikle gereksiz ya da fazladan kullanıma neden olabilecek hammadde kullanımının önüne geçmektedir. Dolaylı olarak enerji miktarının standart betona göre daha düşük ve atık miktarının önlenabilir ve aynı zamanda dönüştürülüp tekrar kullanılabilir olanaklar sağlamasıdır. Prefabrike beton paneller inşaat sahasında gerekli olan birçok malzeme için üretime uygun ve uygulanabilir bir yapıdadır.

III. PREFABRİKE HAZIR BETON PANEL VE STANDART BETONARME SİSTEMLERİN SÜRE VE ÇEVRECİLİK AÇISINDAN İNCELEME KRİTERLERİ

A. Prefabrike Hazır Betona Panel ve Standart Betonarme Sistemlerde Süre ve Çevrecilik

Küresel ölçekte önemli bir sorun olarak karşımıza çevre kirliliği çıkmaktadır. Bu sorunu oluşturanların başında yapı sektörü gelmektedir. Yapı ürünlerinin oluşumunda tüketilen su, enerji, hammadde ve arazi gibi kaynaklar ve bu üretim aşamasında açığa çıkardıkları zararlı salınımlarla çevre üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu bağlamda yapıların oluşumunda ve yaşam süreleri içerisinde çevreye duyarlı ürünlerin kullanılmasına özen göstermek çevresel bir bilinç ile olabilmektedir. Yapı ürünlerinin çevresel etkileri, hammaddelerinin elde edilmesi, bu hammaddelerin işlenmesi, paketlenmesi ve bu süreçlerdeki taşıma işlemi sırasında enerji kaynaklarının kullanımından dolayı oluşmaktadır. Bir yapı ürününün yaşamındaki her evre beraberinde bazı çevresel etkileri getirmektedir. Bunlar, yapı ürünlerinin hammaddelerinin çıkarılmasından başlayıp; bu hammaddelerin işlenmesi, paketlenmesi, taşınması; yapının inşa edilmesi, kullanımı, gerektiği zamanlarda bakımı, onarımı; yapıda kullanılan ürünler ömrünü tamamladığında atılması, geri dönüştürülmesi, birtakım işlemlerden geçirilerek yeniden kullanıma hazır hale getirilmesine kadar geçen süreçte değerlendirilmelidir. Aşağıda yer alan Şekil 28'de Gültekin ve Çelebi'nin çalışmalarında yer alan yapının üretiminde hammaddenin doğal döngüsü şematize edilerek yer almaktadır.



Şekil 28 Yapı malzemesi yaşam döngüsünde enerji ve doğal kaynak kullanımı (Gültekin ve Çelebi, 2003).

Betonun yaşam döngüsü, kireçtaşı, çakıl, taş gibi hammaddelerin elde edilmesi bu hammaddelerin taşınması, kırılması, elenmesi ve ürünün kullanım ömrünü tamamladığında yıkımı ve yıkım sonrası geri dönüştürülmesini kapsamaktadır. Fosil yakıtların kullanımı, hammaddelerin kullanımı ve enerjinin kullanımı bu faktörlerin çevresel etkilerini olumsuz yönde artırmaktadır. Betonu oluşturan birleşenlerin bir araya geliş biçimine bağlı olarak bitki örtüsü ve hayvan türlerinin zarar görmesine, toprak yapısında değişiklikler meydana gelerek erozyon, su kaynaklarında kirlenmeler gibi durumlara neden olmaktadır (Karadayı ve Coşgun,2021; Willis, 1998). Kaynakların elde ediliş esnasında kullanılan malzemelerin enerji kullanımı da düşünülmesi gereken bir konudur. Bu nedenle beton kullanımında gereksiz israf olması çevresel olumsuz etkileri artırıcı yönde olacaktır. Aşağıdaki tabloda Vares ve Hakkinen'in Avrupa'da yapmış olduğu bir araştırmada betonarme döşemede kullanılan hammaddeler, enerji ve salınımlar açısından meydana gelen değerleri göstermektedir.

Çizelge 2 Vares ve Hakkinen'in hazırladığı HHV'nin verilerinden elde edilen çelik takviyeli betonarmenin bileşenleri

Hammadde kaynakları	
Kireç Taşı	170 g/kg ürün
Agrega	850 g/kg ürün
Demir Kaynağı	0,014 g/kg ürün
Enerji Kaynakları	
Fosil Yakıt	0,93 MJ/kg ürün
Elektrik	0,20 MJ/kg ürün
Salınan Gazlar	
Karbondioksit	120 g/kg ürün
Nitrojen oksit	0,55 g/kg ürün
Sülfür Oksit	0,14 g/kg ürün
Metan	0,13 g/kg ürün
Uçucu Organik Bileşikler	0,18 g/kg ürün
Toz	0,023 g/kg ürün
Ağır Metaller	20 g/kg ürün

Beton malzemenin kullanımı esnasında ortaya çıkan birleşenleri yukarıdaki şekilde yer alan gibidir. Bu oluşumun hangi aşamalarda yüzde kaçına tekâmül ettiği ise aşağıda yer alan şekilde incelenebilir.

Çizelge 3 Betonarme oluşumunun aşamalarında üretilen enerji ve emisyon yüzdeleri (Vares ve Hakkinen,1998).

	Fosil yakıt ve elektrik kullanımı	Karbondioksit salınımı	Nitrojen oksit salınımı	Ağır metal salınımı
Çimento	%63	%79	%69	%88
Agrega	%3	%1	%1	%1
Çelik	%9	%4	%3	-
Hammaddenin taşınması	%4	%3	%8	<%1
Beton üretimi	%15	%8	%5	%10
Ürünün taşınması	%6	%5	%14	<%1
Total	%100	%100	%100	%100

Beton kullanımı dünya çapında tamamen yok edilemeyeceği için bu faktörlerin olabildiğince düşük seviyeye çevirebilmesi için beton bünyeli alternatif yapılara yönelmesi gerekmektedir. Bu yönelmeye fabrikada hazırlanmış hazır beton elemanlar bir alternatif oluşturmaktadır. Beton bünyeli prefabrike üretimi hızlı ve teknolojik açıdan standart beton yapılara göre birçok alanda avantaj sağlamaktadır.

Prefabrike; betonarmeden inşaat demiri şekillendirilmekte, beton dökülmekte ve daha sonra tek bir yerde kurumaya bırakılmaktadır. Beton kullanıma hazır hale gelmez gelmez parçalar halinde şantiyeye sevk edilmekte ve gerekli birleşimler şantiye sahasında gerçekleştirilmektedir. Bu süreç, betondaki ideal kürlenme koşullarını sağlamış olmaktadır. Standart betonarme uygulamaları doğrudan sahada iş makineleriyle getirilen betonun önceden projeye uygun hazırlanmış demir donatılı yapılmış ve kalıplanmış haline dökülmekte, şekillendirilmekte ve kürlenmektedir.

Prefabrike betonarme ile standart betonarme arasındaki farkı üretimde önemli olan bazı başlıklar ışığında değerlendirecek olursa;

Prefabrike beton tek bir fabrikada karıştırıldığı, döküldüğü ve kürlendiği için, süreç boyunca ideal koşullar ve doğru ölçümler korunabilmektedir. Standart betonarmedeki sahadaki dökülecek betonun lojistiği bunu çok daha zor hale getirmektedir. Döküm yapılan alanın trafik için uygunluğu, iş makinelerinin yolda kaybettiği zamandan dolayı betonun kalitesinde oluşabilecek farklılıklar, uygulama yapılacak günün nemine ve sıcaklığına değişkenliği kalite için bir soru işareti olarak karşımıza çıkmaktadır. İş çok daha az hassas araçlarla yapmak gerekmektedir. Bu açıdan fabrikada üretim ortaya çıkarılan ürünün daha kaliteli olması sonucunu doğurmaktadır (Arieff ve Burkhart, 2002).



Şekil 29 Hazır beton panellerin montajı sonrası görünümü (Cenik, 2022).

Endüstriyel bir yapı üretim şekli olan beton prefabrikasyon, dünya çapında en yoğun kullanıma sahip prefabrike üretim tekniğidir. Prefabrike yapı elemanları, büyük ölçekli inşaatlardan küçük ölçekli projelere kadar strüktürel, dekoratif ve altyapı elemanları olarak yoğun olarak uygulanmaktadır (Mtech Consult Limited, 2008). Bu nedenle hazır betonarme endüstrisi hem inşaat süresini azaltarak maliyetten tasarruf etmek hem de sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için modern inşaat yöntemlerini ve yenilikleri benimseyerek somut çözüm önerileri sunmaya çalışmaktadır (Koca, 2010).

Prefabrike betonarme, yalnızca planlamada değil, uygulamada da emek açısından daha verimlidir. İş bir fabrikada yapıldığından, şantiyede bulunmayan alet ve makineler kullanılarak sonuç emek-zaman açısından en üst düzeye çıkarılmaktadır. Şantiyede döküm yapılırken makine ile yapılabilecek işler elle yapılmak zorunda kalmaktadır. Bu işçilik maliyetlerini artırır ve süreci çok daha pahalı hale getirmektedir (Tolkamp, 2023).

Prefabrike betonarmede kürlenme koşulları bir fabrikada kontrol edilebildiğinden, mukavemeti veya kaliteden ödün vermeden hızlandırılabilir. Standart betonarmede durum böyle değildir. Şantiyede betonun kürlenmesini hızlandırmak için yapabilecek bazı Őeyler olsa da bu zordur ve genellikle lojistik zorluklara ve masraflara değmemektedir. Ayrıca, hassas değişkenlerin hesaba katılması zor olduğundan, beton kalitesinin düşme riski vardır. Hızlandırılmış sertleşmeye ihtiyacınız olduğunda, güvenli bir Şekilde ilerlemenin avantajlı olduğu alan prefabrike üretim betonarmedir.

Beton zamanla mukavemet kazandığından, kuruduktan hemen sonra tam olarak hazır değildir. Ancak Prefabrike betonda bu kürlenme süreci Şantiyeye varmadan önce gerçekleşmektedir. Standart betonda durum böyle değildir. Kalıp oluşturma, beton dökme, betonun kurummasını beklemek ve kalıp sökmek gibi zaman alıcı işleri yapmanız ve bu da beklemeniz gerektirmektedir. Bu, inşaata geciktirebilmekte ve maliyetleri artırabilmektedir. Tamamen krlenmiş beton plakaların geldikleri anda uygulanmaya hazır olması çok daha fazla zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır.

Prefabrike beton, malzemelerini önceden dökmeyi ve gerekene kadar saklamayı sağlamaktadır. Standart betonarme ile görevlerin üst üste binmesi ve verimliliğin artırılması neredeyse imkansızdır. Standart betonarme için gereken büyük miktarda alan ve işçilik nedeniyle, genellikle malzemelerin hazır olmasını beklerken inşaata duraklatmak gerekmektedir.

Prefabrike beton fabrikada üretildiğinden, yerinde standart betonarmeye eklenemeyen bazı elementler betona dahil edilebilmektedir. Ek yalıtım en yaygın unsurlardan biridir. Beton döşeme içine ek yalıtım ekleyerek, bir bina inşa ederken hem işçilikten hem de mimari tasarım alanından tasarruf edebilmektedir. Kullanılan prefabrike beton paneller, minimum asma yalıtım eklenmiş geleneksel betonun yalıtım gücüne sahiptir.

Prefabrike beton elemanlara özel yalıtım eklenebildiği gibi, özel yapısal donatı da eklenebilmektedir. Bu, döşemelerin standart betonarmenin basitçe yapamayacağı bir kalınlıktaki yükleri desteklemesine izin verdiği için belirli projeler için kritik öneme sahiptir. Bir binayı yapısal olarak sağlam hale getirmek için gereken malzeme miktarını azaltarak, mevcut kaynakları korurken maliyetten tasarruf edilmesini sağlamaktadır.

Çevrecilik Açısından İrdelenmesi

Özel yüksek dayanımlı beton, hassas karıştırma ve kürleme koşulları gerektirmektedir. Bu koşullar standart betonun yerinde dökümde kontrol edilememektedir. Ancak fabrika inşaatı, çevre koşullarının daha iyi kontrol edilmesini sağladığından, inşaatınız için yüksek dayanımlı özel beton kullanabilmektedir. Bu aynı zamanda başka hiçbir şekilde elde edilemeyen mimari tasarımlar oluşturmasına da olanak tanımaktadır.

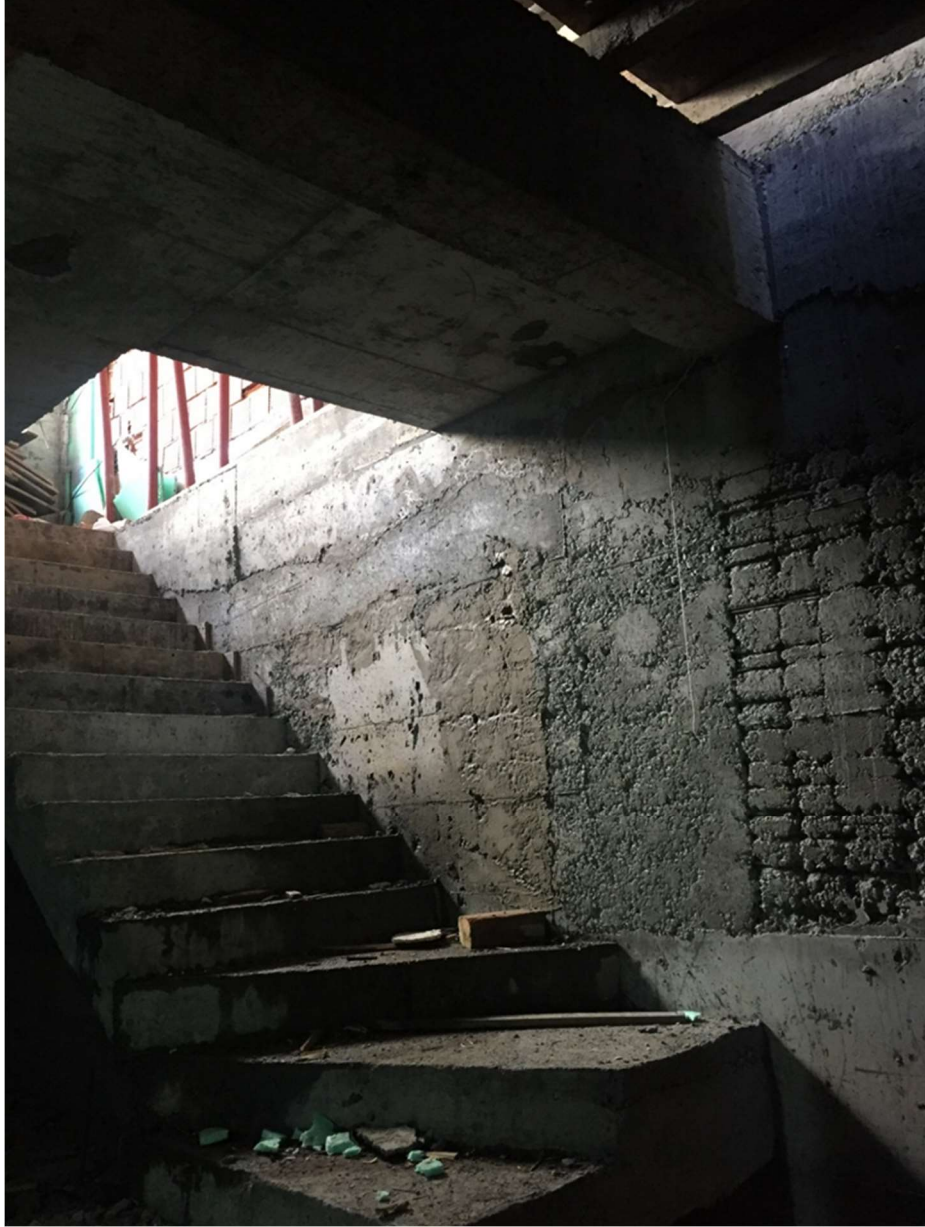
Endüstrileşme sonucu ortaya çıkan yapı alanında da sürdürülebilirliği destekleyen ve aynı zamanda atık oranında büyük bir fark gösteren prefabrike betonarme sistemler, standart betonarmenin kullanıldığı alanlarda kendini göstermeye başlamıştır. Sonuç olarak inşaat yöntemini değerlendirirken ve seçerken çeşitli faktörleri göz önünde bulundurmalıdır. Her iki teknik avantaj ve dezavantajlar sunmaktadır. Özellikle prefabrike beton elemanlar oldukça etkili olabilmekte ve büyük inşaatlar tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır.

Prefabrike beton elemanların avantajları (kısa montaj süresi, inşaat süresinde azalma, kapama ve sıyırma gerektirmez, inşaat alanında donatı, montajına gerek yoktur, yüzey ve uygulama kaliteleri daha iyi korunabilir) birçok açıdan cazip gelse de dezavantaj (ulaşım, kısa vadede maliyet, planlama aşamasında karar verme, inşaat alanında depolama) gibi faktörünü de göz önünde bulundurmalıdır.



Şekil 30 Hazır beton panellerin nakliye sonrası anında montajı (Cenik, 2022).

Endüstrileşmenin bize verdiği avantajlar bizim ekolojik açıdan, mali açıdan, tasarım açısından ve iş gücü açısından hızlı bir ilerleme atabildiğimiz oluşan bir noktaya getirmiştir. Ülkemiz ve dünyamız bu kadar atık, iklim, ekonomik ve çevre sorunları yaşarken endüstrileşme bize inşaat sektörü için daha az atıkla ekolojik bir avantaj sağlamaktadır.



Şekil 31 Yanlış kalıp sökümü esnasında ortaya çıkan donatı görüntüleri (Cenik, 2016).



Şekil 32 Standart betonarme kalıp yöntemi ile merdiven kalıp uygulaması (Cenik, 2016).

Şantiye alanına getirilen hazır beton panellerin araçtan yüklenip direk montaj edilmesi depolama gibi alan kaybettirecek durumlardan da kaçınılmasını sağlamaktadır. Standart beton kullanımında ortaya çıkan beton dökümündeki araç trafiği hazır beton elemanlar sayesinde minimuma düşürülmektedir. Hazır beton panellerin doğru bir şekilde üretimi durumunda elemanların yaşam süresinin uzadığı gözlemlenebilmektedir. Bu açıardan incelendiğinde süre, alan ve tasarım bakımından hazır beton paneller ve hazır beton elemanlar büyük bir kazanç sağlamaktadır.

Çevrecilik bakımından fabrikada üretilen hazır beton paneller su, agrega, kum gibi hammadde malzemelerini minimum atıkla istenilen sonuçlara ulaştırmaktadır. Hazır beton panellerinin fabrika alanında seri üretim içerisinde olması ortaya çıkan malzeme atığını minimumda tutmaktadır. Atıkların tekrar kullanılamaz hale gelmeden işlenebilmesi fabrika alanında mümkün olan faydalar arasında bulunmaktadır.

Standart betonarme kullanımında şantiye alanında genellikle karşılaşılan kurumuş beton atıkları, fazla sipariş edilen betonun sürdürülebilirliğe geri kazandırılmaması, belirli sayıda kalıp kullanımından sonra malzemelerinin atık olarak kullanılması, araçların bekleme alanında oluşturduğu CO2 emisyonu ile çevreye verdiği zararlar göz önünde bulundurulduğunda, standart betonarme çevresellik açısından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Şantiye alanında doğabilecek

yanlış beton kullanımı veya betonu fazla sulandırma gibi insan hatasından da doğabilecek zararlar fabrika üretimi sayesinde minimuma indirgenebilmektedir.

Sanayileşme ile ortaya çıkan yapı sektöründe sürdürülebilirliği destekleyen ve atık oranında büyük bir fark gösteren hazır betonarme sistemler standart betonarmenin kullanıldığı alanlarda kendini göstermektedir. Sonuç olarak inşaat yöntemini değerlendirirken ve seçerken çeşitli faktörleri göz önünde bulundurmalıdır.



Şekil 33 Beton dökümü sonrası ortaya çıkan kalıp beton atığı (Cenik, 2016).

Süre Açısından İrdeleme

Endüstriyel hazır beton panel sistemlerinin süre ve çevrecilik açısından irdelendiğinde önümüze çıkan sonuçlar net bir şekilde zaman açısından çok daha hızlı bir inşaat süresinin geçirildiği gözlemlenebilmektedir.

Hazır beton panellerin fabrikada üretimi ve şantiyede monte edilmesi, işçiliği ve insana yüklenen iş gücünü büyük oranda azaltmaktadır. Bu sayede şantiyede süre açısından hazır beton panellerinin faydası anlaşılmaktadır. Kullanılan fabrika üretimi hazır beton elemanlar ile ortaya çıkarılabilecek tasarımlar çeşitlilik açısından da çok geniş bir alana sahiptir. Tesisat elemanları dahil birçok iş kolu tek bir üretim alanında ortaya çıkarılabilmekte ve şantiye alanında direk montajına başlanabilmektedir.



Şekil 34 Hazır beton panellerin farklı ölçülerde montajı (Cenik, 2022).



Şekil 35 Hazır beton elemanlarının şantiyede montajı (Cenik, 2023).

Standart beton kullanımında oluşan kalıp işçiliği, malzeme kullanımı ve insanın iş gücü açısından bakıldığında oluşturulmak istenen şantiyenin süre bakımından hazır beton paneller kadar işlevsel olmadığı gözlemlenebilmektedir. Kullanılan kalıpların söküm esnasında ortaya çıkardığı şekilsiz ve zarar görmüş beton elemanları sorunu tamamen ortadan kalkmaktadır. Merdiven, duvar, kolon-kiriş gibi kalıp malzemelerinin önce kapatmak ve sonrasında kalıbı sökme gibi yoğun zaman kaybedilen durumlarda, özellikle büyük ve birbirini tekrar eden yapı elemanlarında süre ve verimlilik açısından kullanışlı olmadığı görülmektedir.

Üretilen konut miktarından direkt etkilenenler süre ve maliyetlerdir. Kalıp sayısı, işçilik, vinç, nakliye ve diğer araçlar, şantiye üretimi, taşıma montaj ve kütleme gibi süreleri etkileyen faktörler vardır. Aşağıdaki tablolarda 1m² başına işçilik ve üretim açısından bir analiz tablosu görülmektedir.

Kargılı'nın (2005) prefabrike betonarme panolu yapıların teşkili, tasarımı ve maliyet analizi üzerine yazdığı tezinde geleneksel betonarme sistemler ile oluşturulan yapılarda yapının duvarcı, betoncu, kalıpcı ve demirci çalışanları olmak üzere 4 ayrı grupta çalışma süreleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre dört ayrı işçi grubunun 1 saatte ortalama oluşturdukları yapı alanını hesaplayıp prefabrike ortamda üretilip uygulanmasında ne kadar zaman gerekeceğini analiz etmiştir. Aynı inşaatın prefabrike olarak yapılması halinde işçilik miktarlarında %38'lik bir tasarruf sağlanacağı görülmüştür. Prefabrike olarak yapılan inşaatları geleneksel olarak yapılan inşaatlara nazaran daha kısa zamanda bitirmek mümkün olduğu yapılan çalışmada sonucunda görülmüştür. Fabrikada üretilen elemanların şantiye sahasına getirilerek montaja hemen geçilmesiyle iş daha çabuk bitirilebilmektedir. Aşağıdaki tabloda standart betonarme ile prefabrikasyon beton işçiliği arasındaki süre analizi gösterilmiştir.

Çizelge 4 Kargılı'nın tezinde karşılaştırdığı standart betonarme ile prefabrike uygulamaların süre açısından karşılaştırılması (Kargılı, 2005)

Yeri	Standart Betonarme		Prefabrike beton panel		Süre tasarrufu
	İşçilik saat/m ²	Yüzde %	İşçilik saat/m ²	Yüzde%	İşçilik saat/m ²
					Yüzde %
Fabrika	1,60	11	2,43	27	-0,83
Şantiye	12,90	89	6,56	73	6,43
Toplam	14,50	100	8,99	100	5,51
Yüzde	%100		%62		%38

B. Prefabrike Hazır Betonarme Sistemlerde ve Standart Betonarme Sistemlerde Süre ve Çevrecilik Kriterleri

Prefabrike hazır betonarme sistemler ile standart betonarme sistemleri birbirinden ayıran malzemeni kendisi olmadığını, malzemenin oluşum ve uygulanış biçimi olduğu şu ana kadar verilmiş olan bilgiler ışığında görülmektedir. Bu bilgilerden yararlanarak, prefabrike hazır beton panel sistemler ile standart beton sistemlerin karşılaştırılması için değerlendirme kriterleri oluşturulmuştur. Söz konusu kriterler, tezde ele alınan kavramsal literatür okunmaları ile oluşturulmuş olmakla birlikte ileri okumalarla arttırılması mümkündür.

Çizelge 5 Prefabrike beton panel sistemler ile standart betonarme sistemleri süre ve çevrecilik açısından irdelemek için hazırlanan tablo [Yazar tarafından derlenmiştir].

SÜRE VE ÇEVRESELLİK AÇISINDAN ELDE EDİLEN DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		BİNA TİPİ					
		Standart Betonarme Bina Üretimi			Prefabrike Betonarme Bina Üretimi		
	○ Hiç ● Az ● Fazla	○	●	●	○	●	●
SÜRE	Gerekli inşaat malzemelerinin üretim için toparlanma süresi						
	Nakliye süresi						
	Programlama aşamasında gerekli değişim süresi						
	Hava koşullarından etkilenmenin sürece etkisi						
	İş gücünde yaşanabilecek aksaklıklardan etkilenme						
	İş makinelerinin kullanımından kaynaklı geçen süre						
ÇEVRESELLİK	Atık ve Zaiyat oluşumu						
	Şantiye sahasının yarattığı inşaat malzeme kirliliği						
	Hammadde tüketimi						
	Nakliye aşamasında yaşanan çevresel kirlilik						
	İnşaat sahasında su tüketimi						
	Gürültü kaynaklı kirlilik						
CO2 üretimi							

Tablodan elde edilen veriler ışığında süre ve çevresellik ana temaları üstünde toplamda 13 adet değerlendirme kriteri oluşturulmuştur. Bu kriterler prefabrike sistemler ile standart sistemleri ortak kapsayan konulara göre hazırlanmıştır. Aşağıda bu kriterler ifade edilmiş ve ne anlama geldikleri belirtilmiştir.

1. Süre Açısından Oluşturulan Kriterler

Gerekli inşaat malzemelerinin üretim için toparlanma süresi: Betonarme imalatında uygulamaya geçebilmesi için gerekli olan materyallerin bir araya getirilmesi için geçen lojistik sürecidir.

Nakliye süresi: Betonarme için gerekli olan beton malzemenin uygulama için elde edilene kadar geçen süresel etkisidir.

Programlama aşamasında gerekli değişim süresi: Betonarmenin uygulanış aşamasında planlamada yapılacak yapısal bir değişikliğin tekrar güncellenmesi ve uygulanması için gerekli olan süredir.

Hava koşullarından etkilenmenin sürece etkisi: Betonarme imalatında yağmur, kar, sıcak gibi kötü hava koşullarının uygulamayı olan etkisidir.

İş gücünde yaşanabilecek aksaklıklardan etkilenme: Betonarme imalatında gerekli iş gücünün herhangi bir gerekçe ile sağlanamamasının yaratacağı etkidir.

İş makinelerinin kullanımından kaynaklı geçen süre: Sahada kullanılan üretim ve montaj için gerekli iş makinelerinde geçirilen süresi ve bunun uygulamaya etkisidir.

2. Çevrecilik Açısından Oluşturulan Kriterler

Atık ve zaiyat oluşumu: Betonarmenin uygulanma esnasında betonun kullanılmayan fazla kısmının veya hata kaynaklı yapıp sonradan yıkılması gereken beton malzemenin oluşturduğu atık ve zaiyat miktarıdır.

Şantiye sahasının yarattığı inşaat malzeme kirliliği: Sahada uygulama esnasında herhangi bir nedenden oluşan inşaat kirliliği oranıdır.

Hammadde tüketimi: Betonun oluşturacak doğal kaynakların ne kadar tüketildiğini ifade etmektedir.

Nakliye aşamasında yaşanan çevresel kirlilik: Yapının oluşumu için gerekli olan tüm malzemelerin sahaya taşınma esnasında çevreye vermiş olduğu kirlilik oranıdır.

Inşaat sahasında su tüketimi: Betonarme uygulamasında betonun ihtiyaç duyduğu suyun sağlanmasıdır.

Gürültü kaynaklı kirlilik: Yapının imalatından kaynaklı oluşan gürültüdür.

CO2 üretimi: Yapının uygulanış esnasında çevreye yaymış olduğu karbondioksit oranıdır.

C. Bölüm Sonucu

Yapı sektöründe sıkça kullanılan betonarme malzemenin içerik olarak aynı olmasına rağmen işleniş biçimindeki farklılıklar sonucunda çevre ve süre açısından olumlu olumsuz etkisinin nasıl değişebileceğini anlaşılmaktadır. Çevreyi etkileyen en basit ama kolay etkiler bile; karbon salınımı, katı atık vb. gibi ufak değişikliklerle bambaşka olumlu sonuçlara evrilebilmektedir.

Bir inşaatın hızlı tamamlanması günümüzde büyük bir hedef olarak yapı sektörünün bir parçası haline gelmiştir. Bu süresel kaygı çoğunlukla maddi nedenlerle olmaktadır ancak sürecin verimli kullanılmasının iş gücü ve enerji tüketiminde de sonuçları vardır. Tüm bunlar değerlendirildiğinde hala çok yaygın olarak kullanılan geleneksel bir yöntem olan standart betonarme uygulamalarının neden olduğu olumsuzlukları aza indirmek yapı sektörü ve çevrecilik için çok önemlidir.

Prefabrike sistemleri betonarme sistemlerden farklı kılan özellikleri ortaya çıkarmak ve eğer olumlu sonuçlar sağlıyorsa yapı sektöründeki yerini büyütmek çok çevreci bir yaklaşım olacaktır.

IV. PREFABRİKE HAZIR BETON PANEL SİSTEMLERLE STANDART BETONARME SİSTEMLERİN SÜRE VE ÇEVRECİLİK AÇISINDAN İRDELENMESİ

A. İrdelemede Esas Alınacak Kriterler

Tezde değerlendirme kriteri için oluşturulan maddeler yerli ve yabancı birçok ülkenin standart betonarme sistem ve prefabrikte hazır betonarme sistem için varılmış olan sonuçlara ve analizlere dayanmaktadır.

Yapılan literatür taramalarından elde edilen veriler sonucunda değerlendirme kriterleri her iki betonarme sistem için olumlu ya da olumsuz anlamda cevap verebilecek ortak verileri barındıran maddeler olarak seçilmiştir.

İrdelemede esas alınacak kriterler, her bir betonarme sistem için literatür taramasından elde edilen değerlendirme kriterleriyle değerlendirip, bu sistemlerin kriter olarak elde edilen tablonun sorusunda yer alan soruyu cevaplamak ve bulguları objektif olarak sunmaktır.

Bir önceki ana başlıkta yer alan süre ve çevrecilik için oluşturulan kriter tablosu her iki sistem için de doldurulacaktır.

B. İrdelemede Kullanılacak Yöntem

Dünya'dan ve Türkiye'den incelemek için literatür çalışmaları kapsamında elde edilen veriler ışığında; tablolar, görseller (fotoğraf, 3D çalışmalar vb.) üzerinden karşılaştırmalı analiz edilmiştir. Bu analiz; tezin III. Bölümü'nde, prefabrikte hazır betonarme sistemler ve standart betonarme sistemlerin süre ve çevrecilik başlığı altında tespit edilmiş ilkeler üzerinden yapılmıştır.

C. Süre ve Çevrecilik Açısından İrdelenmesi

1. Prefabrike Hazır Betonarme Sistemler Süre Kapsamında İrdelenmesi

Prefabrike hazır beton panellerin üretim aşamaları kavramsal çerçevede ifade edilmiştir. Bu bilgiler ışığında;

Gerekli inşaat malzemelerinin üretim için toparlanma süresi: Prefabrike üretim fabrika ortamında hazırlanmasından dolayı üretim için gerekli olan malzemeler fabrikada depolu olarak bulunmaktadır. Malzemelerin fabrikaya gelmesi üretim süreci içerisinde yer almamaktadır. Üretim için verilen planlar sonrasında stok kontrolü yapıp eksik olan miktarların tamamlanması ve ancak üretim için gerekli özel materyallerin kullanılacak olması durumunda bir toplama sürecinden bahsedilebilmektedir. Standart betonarmedeki şantiye sahasına getirilmesi gereken malzeme çokluğu düşünüldüğünde prefabrikede bu sürecin daha kısa olduğu söylenebilmektedir.

Nakliye süresi: Betonarme panellerin üretimi için gerekli olan betonun fabrikaya nakli fabrikada belirlenmiş net rakamlar doğrultusunda olacağı için nakliye süresinde eksik betondan kaynaklı ekstra bir süre gereksinimi olmamaktadır.

Programlama aşamasında gerekli değişim süresi: Planlamalarda değişikliğe gidilmesi üretimde süreci uzatmaktadır. Bu süre yapılan değişikliğin stoktaki ürün yeterliliğine göre değişiklik gösterebilmektedir.

Hava koşullarından etkilenmenin sürece etkisi: Betonarmenin üretimi fabrika içerisinde olduğu için yağmur, kar gibi kötü hava koşullarından prefabrike malzeme etkilenmemektedir.

İş gücünde yaşanabilecek aksaklıklardan etkilenme: Standart betonarmeye göre insan iş gücü daha az sayıda olduğu için herhangi bir iş gücü eksikliği standart üretime oranla daha az etkilenmesine olanak sağlamaktadır.

İş makinelerinin kullanımından kaynaklı geçen süre: Prefabrike üretimin büyük bir çoğunluğu iş makinelerine bağlı bir biçimde gerçekleşmekte, bunun dışında iş makinelerinin sahada kullanıldığı alan sadece montaj ve vinç ile taşıma kısmını kapsamaktadır.

2. Prefabrike Hazır Betonarme Sistemler Çevresellik Kapsamında İrdelenmesi

Atık ve Zaiyat oluşumu: Prefabrike hazır betonarme sistemlerde fabrika ortamında betonarmenin yapılmasından dolayı katı atık oluşumunun kontrolü sağlanabilmektedir. Üretim esnasında oluşabilecek fazla malzemenin zaman geçmeden tekrar üretime kazandırılabilmesi bu noktada çok önemlidir.

Şantiye sahasının yarattığı inşaat malzeme kirliliği: Fabrikada üretilip paletler halinde sahaya taşınan hazır beton panel malzemeler bütün halinde olması nedeniyle standart betonarme sistemlerdeki oranda malzeme kirliliğine sebebiyet vermemektedir.

Hammadde tüketimi: hammadde tüketimi her iki sistemde de büyük oranda fazladır. Prefabrike sistemler suyun fabrika ortamında geri dönüşüm sağlanarak kullanılması su tüketimine önemli ölçüde pozitif yarar sağlamaktadır. Aynı zamanda kalıp sistemlerinde çelik kalıpların kullanılması malzemenin uzun süreler tekrar tekrar kullanılmasını sağlamaktadır.

Nakliye aşamasında yaşanan çevresel kirlilik: Nakliye esnasında standart betonarme sistemlerden farklı olarak hazır gelen ürünlerin depolamadan imalatına başlanması ve ürünlerin çöp oluşumuna neden olmamaları çevresel kirliliği atık anlamında aza indirdiği söylenebilmektedir.

İnşaat sahasında su tüketimi: Betonarmenin üretim esnasında gerekli olan su fabrika ortamında kullanıldığı ve sahada sadece montaj yapıldığı ve su gerekmediğinden saha içi su tüketimi prefabrike sistemler için yoktur.

Gürültü kaynaklı kirlilik: Gürültü kirliliği iş makinelerinin fazlaca kullanılmasından kaynaklı fabrika ortamında oldukça fazladır. Bu oluşan gürültü yakın çevredeki alanları etkileyecek oranda olmasa bile çalışan iş sağlığı açısından olumsuz bir durum yaratmaktadır.

CO2 üretimi: İş makinelerinin hammaddenin üretiminden taşınıp monte edilmesine kadar olan süreçte araçların ya da iş makinelerinin oluşturmuş olduğu gaz emisyonu olarak ifade edebilmektedir. Bu durum literatür taramaları esnasında hammaddenin çıkarılması esnasında oluşan gazın her iki sistem için de benzer olduğunu ancak prefabrike üretim alanlarının genellikle şehrin uzak noktalarına konumlandırılmasından kaynaklı taşıma esnasında daha çok araç kilometresine neden

olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum prefabrike hazır beton sistemleri çevresel anlamda emisyon oranından dolayı olumsuz göstermektedir.

3. Standart Betonarme Sistemler Süre Kapsamında İrdelenmesi

Gerekli inşaat malzemelerinin üretim için toparlanma süresi: Standart betonarme sistemlerde yapıyı oluşturan tüm malzemelerin (demir, beton, kalıp) üretim öncesinde sahaya getirilmesi gerekmektedir. Herhangi bir malzemenin sahaya geç gelmesi, eksik olması ve bu eksikliğin tamamlanması için gerekli sipariş ve nakliye aşamaları esneklik gösterebilmektedir. Bu durum inşaat süresinin uzamasına neden olabilmektedir.

Nakliye süresi: Standart betonarmede prefabrike sistemlerden çok farklı olmamakla birlikte gerekli olan beton miktarının yanlış ya da eksik olması nakliye süresinde esnekliklere neden olmaktadır. Ayrıca inşaat sahasının nerede olmasına bağlı olarak da trafikte harcanan zaman sürecin uzamasına neden olmaktadır.

Programlama aşamasında gerekli değişim süresi: Projenin başlamasının ardından elde olan malzemelerin kullanılması ve sonrasında herhangi bir planda değişikliğe gidilmesi durumunda yapılan bölgelerin kırılması için gerekli süre ve oluşan katı atıkların sahadan uzaklaştırılması için gereken süre uzayabilmektedir. Ayrıca gerekli değişiklikler için ihtiyaç duyulan malzemelerin sahada toparlanması için belirli bir zamana ihtiyaç vardır.

Hava koşullarından etkilenmenin sürece etkisi: Açık ortamda gerçekleştirilen standart betonarme sistemlerin üretimi için hava koşulları oldukça önemlidir. Yağmur ve kar gibi hava durumları yapımın bir süre durmasına, betonun kurumasında gecikmelere sebebiyet verebilmektedir. Yaz döneminde oluşabilecek yoğun sıcaklıklar ise iş gücünde gerekli olabilecek duraklamalara neden olmaktadır.

İş gücünde yaşanabilecek aksaklıklardan etkilenme: Standart betonarme sistemler tamamen iş gücüne dayanmaktadır. İş gücünde bir döngü vardır, bu döngü betonun oluşması için gerekli olan öncelikle demir sonra kalıp ve ardından beton dökme işlemleri olarak ifade edilebilmektedir. Bu döngüdeki herhangi bir iş gücündeki eksiklik tüm aşamalarda yapım aşamasının uzamasına sebebiyet vermektedir. Bu nedenle standart betonarme sistemlerde iş gücünden kaynaklı aksaklıklardan daha fazla etkilenmeye neden olmaktadır.

İş makinelerinin kullanımından kaynaklı geçen süre: İş makinelerinin kullanılması standart betonarmede küçük çaplı aletleri kapsadığı için kullanım süresi daha kısıtlıdır ve kullanımda kaybedilen süre daha azdır.

4. Standart Betonarme Sistemler Çevresellik Kapsamında İrdelenmesi

Atık ve Zaiyat oluşumu: Standart betonarmede en çok beton döküm aşamasında atık ve zaiyat oluşmaktadır. Bu durumun sebebi beton dökümü için gelen mikserlerin sahaya geldiklerinde çevreye sıçrayan beton malzemeler, fazla söylenen betonun mikserde kalması ve tekrar kullanılabilmesi için gerekli sürenin olmaması, beton mikserlerinin su ile temizlenmesinden kaynaklı su zaiyatı gibi nedenler sıralanabilir.

Şantiye sahasının yarattığı inşaat malzeme kirliliği: Yapı oluşum aşamasında kullanılan fazla demir malzemeler, çimento karton atıkları, kalıp için gerekli olan malzemelerin depolanmasından kaynaklı kirlilikler ve toz çevrede kirliliğe sebebiyet vermektedir.

Hammadde tüketimi: Hammadde tüketiminde büyük her iki sistem arasında büyük farklılıklar olmamakla birlikte standart betonarmenin geri dönüşüme imkân tanımaması belirli bir oranda prefabrike hazır beton sistemlere göre negatif bir etki bırakmaktadır.

Nakliye aşamasında yaşanan çevresel kirlilik: Nakliye sırasında öncelikli olarak çevre alanda oluşturulan trafik kirliliği sayılabilir bunun dışında malzemelerin nakliye aracından indirirken ya da kullanılırken oluşan çevresel kirlilik de önemli bir paya sahiptir. Özellikle depolama alanı olmayan sahalarda şantiye dışına bırakılan malzemeler ve o malzemelerin bırakmış olduğu atık olumsuz çevresel etkilere neden olmaktadır.

İnşaat sahasında su tüketimi: Su tüketimi standart betonarmede prefabrikasyona kıyasla beton için gerekli bir durumdur ve saha içerisinde yüksek tüketim oranına sahiptir. Saha içi kullanımda geleneksel yöntemlerde geri dönüşüm de sağlanamadığı için pozitif bir çevresel tutumda bulunulamamaktadır.

Gürültü kaynaklı kirlilik: Şantiye sahasında yapılan kalıp çalışmaları, beton dökülmesi esnasında mikserlerin çıkardığı sesler ve iş makineleri standart betonarmeyi yakın çevreye vermiş olduğu rahatsızlıktan dolayı yüksek gürültü kirliliğine sebebiyet vermektedir.

CO2 üretimi: İş makineleri ve nakliye araçlarının sebep olduğu gaz emisyonları karbondioksit üretimine neden olarak beton üretiminde önlenmesi mümkün olmayan çevresel zarara neden olmaktadır.

5. Bölüm Sonucu

İki ayrı sistem için hazırlanan değerlendirme tablosunda irdelenmiştir. Tabloda yer alan 3 ayrı değerlendirme basamağının fazla olarak sonuçlanması süre ve çevrecilik açısından olumsuz anlam ifade etmektedir. Bu bağlamda betonarme için iki önemli sistem olan standart betonarme ve prefabrike hazır betonarmenin yapılmış olan analizleri değerlendirilecek olursa;

Şekilde 40 da yer alan standart betonarme sistemler süre anlamında prefabrike sistemlere göre daha fazla olumsuzluk içermektedir. Özellikle hava koşullarının sürece etkisi standart betonarme sistemlerde farklılıklara yol açabileceği ve belirsiz sürelerde uzamalara sebebiyet vereceği görülmektedir. Standart betonarmenin insan iş gücü temelli olması sebebiyle bu konuda yaşanabilecek eksikliklerden daha fazla etkilenmesine neden olmaktadır. Prefabrike sistemlerde ise iş makinelerinin kullanımından kaynaklı süre uzamasına ve dolaylı yoldan fazla enerji tüketimine sebebiyet verdiği görülmektedir. Her iki sistemin belirli kusurlarının olduğu görülmektedir; ancak bu analize göre süre açısından prefabrike betonarme sistemlerin uygulanması inşaat süresinde pozitif etki yaratmaktadır.

Çevresellik açısından baktıldığında prefabrike sistemlerin geri dönüşüme daha elverişli olmasından kaynaklı özellikle hammadde tüketiminin ve su israfının önüne geçmesi çevresel olarak standart betonarmeye göre pozitif avantaj sağlamaktadır. Ancak CO₂ salımını iş makineleri ve nakliye araçlarının daha fazla kullanılması sebebiyle negatif etki göstermektedir. Katı atık miktarının standart betonarmeye göre fazla olması, inşaat sahasında betonun dökümünden sonra betonun ihtiyacı olan suya ulaşması için su tüketim miktarının artması, çevreye gürültü kirliliği, toz gibi negatif sonuçlar vermesinden dolayı çevresellik açısından da standart betonarme sistemler prefabrike sistemlere göre bu analiz maddelerince olumsuz olarak sonuçlanmıştır.

Çizelge 6 Standart betonarme sistemler ile prefabrikte betonarme sistemlerin literatür taraması ile elde edilen süre ve çevresellik maddelerine göre toplu analizi

SÜRE VE ÇEVRESELLİK AÇISINDAN ELDE EDİLEN DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		BİNA TİPİ					
		Standart Betonarme Bina Üretimi			Prefabrikte Betonarme Bina Üretimi		
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hiç ◐ Az ● Fazla 	○	◐	●	○	◐	●
SÜRE	Gerekli inşaat malzemelerinin üretim için toplanma stresi			✓		✓	
	Nakliye stresi			✓		✓	
	Programlama aşamasında gerekli değişim stresi			✓		✓	
	Hava koşullarından etkilenmenin sürece etkisi			✓	✓		
	İş gücünde yaşanabilecek aksaklıklardan etkilenme			✓		✓	
	İş makinelerinin kullanımından kaynaklı geçen süre		✓				✓
ÇEVRESELLİK	Atık ve Zayıf oluşumu			✓		✓	
	Şantiye sahasının yarattığı inşaat malzeme kirliliği			✓		✓	
	Hammadde tüketimi			✓		✓	
	Nakliye aşamasında yaşanan çevresel kirlilik			✓			
	İnşaat sahasında su tüketimi			✓	✓		
	Gürültü kaynaklı kirlilik			✓		✓	
	CO2 üretimi		✓				✓

V. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Çevre kirliliği tüm dünyada kendini gösteren ortak bir problemdir. Yapı sektörü de bu anlamda büyük bir paya sahiptir. Toplumsal anlamda çevre kirliliğın önüne geçmek ve bu anlamda bilgilendirici çalışmalar hazırlamak, çevre bilincini insanlara kazandırmak oldukça önemlidir. Gelişmiş ülkelerde çevre kirliliği problemi için önemli çalışmalar yapılmaktadır. Ancak yapı sektöründeki betonarmenin payı düşünüldüğünde betonarme için daha verimli ve çevreci nasıl olunabilir buna çözüm bulmak gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, betonarme uygulamaların bir başka biçimi olan prefabrike hazır betonarme sistemlerin standart betonarme sistemlere göre süre ve çevrecilik açısından pozitif katkısına bakılmıştır. Betonarme sistemler genel olarak bakıldığında materyal olarak aynı malzeme olmalarına karşın uygulama şekli olarak birbirlerinden ayrılmaktadır. Standart betonarme sistemlerde betonarmenin ilk gününden şimdiye kadar ki sürecinde büyük bir gelişim göstermeden geleneksel tekniklerle devam edilmektedir. Bu durum şantiye alanında üretim sağlanırken problemlerin devam etmesine neden olmaktadır. Kalite ve standartlar gereği iyi ürün çıkarmak hem zaman hem de iş gücü açısından kayba neden olmaktadır. Endüstriyel üretimle meydana gelen prefabrike betonarme, standart üretim betonarmenin bu tarz problemlerine cevap olabilmek amacıyla piyasaya sürülmüştür. Ürünlerden elde edilecek kalitenin standart ve ön görülebilir olması, inşaatın birçok alt başlığında kendine yer bulabilmesi ve uzun vadede sağlamış olduğu ekonomik ve çevresel fayda kendisini göstermektedir.

Yapılan analiz çalışmaları değerlendirildiğinde, prefabrike hazır beton sistemlerin standart betonarme sistemlerden çok farklı oranda avantajının olmamasının nedeni aynı materyalden yani betondan oluşmalarıdır. Yine de prefabrikenin fabrika ortamında betonu kullanması sayesinde malzemenin israfının önüne geçmeyi, katı atık oranında ciddi artılar sağlamasına sebep olmaktadır. Çevreci bir malzeme için gerekli olan geri dönüşümü, tekrar kullanılma imkânı gibi şartları karşılamaktadır.

Tasarım sürecinde başlayan farklılaşma üretim, nakliye, maliyet ve iş gücüne etkisi olarak farklı etkenler oluşturmaktadır. Bu iki sistemi birbirinden ayıran en büyük fark fabrika ortamında oluşturulan hazır elemanlar olarak görülebilmektedir. Elemanların fabrika ortamında üretilmesi birçok yıpratıcı dış etkilerden etkilenmeyeceği görülmektedir. Balkon, merdiven, iç duvar dış duvar elemanları gibi parçalar büyük oranla açık hava şartlarında kısa süreli bekleme sürecine sahiptir. Dış etkenlerden kaynaklanan montaj öncesi zarar görme olasılığı minimuma düşürülmektedir.

Standart betonarme ile prefabrike betonarme sistemlerde aynı hammadde kullanımından dolayı aslında yapılacak hammadde çıkarmasında ve işlenmesindeki pozitif hareketler iki sistemde çevrecilik açısından büyük bir atılım yapmasına neden olacaktır.

Betonarme için geleneksel bir yöntem olan standart betonarme uygulamalarının çevresel anlamdaki en kötü ve gelişmeyen yanı katı atık miktarındaki fazlalık, su tüketimindeki israf ve çevreye verilen büyük gürültü kirliliği olarak sıralanabilmektedir. İş makinelerinin, nakliye aşamalarının trafiğe ve inşaat sahası dışına sebep olduğu kirlilik oranı inşaat bitimine kadar oldukça fazladır.

Bu tezle birlikte tezin araştırma sorularından olan prefabrike sistemler standart sistemlere göre çevresel bir katkı sağlamaktadır; ancak bu büyük bir fark yaratmadığından dolayı her iki uygulamanın da çevresellik açısından daha büyük adımlar atarak ekolojii destekleyici çözümler bulmaları gerekmektedir.

Betonun kullanım açısından sağlam bir madde olması, yaşam sürecinin uzun ve güvenli olması inşaat sektöründe betonarme kullanımının azalmamasının öncü sebeplerindendir. Yaşam süresinin uzun olmasına rağmen betonun elde edilmiş şekli betonu çevresel bir yapı malzemesi olmaktan alıkoymaktadır. Betonun hammaddesi doğadan karşılanmaktadır ve bu hammaddenin doğadan karşılanmasındaki süreçte çevreye, insana ve yaşam alanına zarar vermektedir. Özellikle betonun temel bileşenlerinden olan çimentonun doğadan çıkarılışıyla birlikte toprak yapısından ve o bölgenin ekolojik düzeninde büyük tahribatlar oluşmaktadır.

Yapı sektörü içerisinde yapı ürünlerinin çevresel etkilerini azaltmak için, harcanan enerjiyi azaltacak ürünler kullanımı ve yapım sistemlerinin geliştirilmesi çok önemlidir. Beton endüstrisindeki çevresel etkilerin indirgenmesi ve betondan üretilen

ürünlerin kalitesinin artırılması önemli bir etkidir. Beton ve beton ürünlerini tasarlariken, çevresel etkilerin göz önünde tutulması ve doğaya faydalı olan çevreci yapı elemanlar tasarlamayı amaçlamak gerekmektedir.

Yapı sektöründe daha çevreci tutumlarda bulunmak mümkündür. Ancak beton malzemeyi inşaat sektöründe önümüzdeki yıllarda kullanımdan kaldırmak pek mümkün gözükmesine bile daha çevreci yaklaşımlarla verilen zararı aza indirmek mümkündür. Özellikle geri dönüşümü destekleyici ve teşvik edici yaklaşımlar çok önemlidir. Enerji tüketimi açısından yenilenemeyen enerji kaynakları yerine daha çevre dostu olan yenilenebilir kaynaklara geçilmesi betonun üretimi esnasında oluşan zararlı gazlardan kurtulmayı sağlayabilmektedir. Suyun verimli kullanılması adına geri dönüşümü destekleyici seçeneklere yönelmek faydalı olacaktır. Yağmur suyu, kar suyu gibi kaynakların kullanım için dönüştürülmesi de önemli bir alternatif sağlayabilmektedir.

VI. KAYNAKÇA

KİTAPLAR

HASOL, D. (1998), Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, İstanbul, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları,

SEV, A. (2009), Sürdürülebilir Mimarlık, İstanbul, Yapı Endüstri Merkezi, Yem Yayınları.

MAKALELER

ALADA, A., GÜRPINAR, E., BUDAK, S. (1993). “Rio Konferansı Üzerine Düşünceler” , **İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi**, Cilt 0, Sayı 3, ss. 4-5.

ÇETİNKAYA, Ç. (2013). “Eko-Kentler: Kent ve Doğa İlişkisinde Yeni Bir Sistem Tasarımı” , **Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi**, Cilt 6, Sayı 1, ss. 12-16.

ÇITAK, E., PALA, K. B. P., (2016). “Yenilenebilir Enerjinin Enerji Güvenliğine Etkisi” , **Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Sayı 25, ss.79-102.

DENİZ, H. M., (2009). “Sanayileşme Perspektifinde Kentselleşme ve Çevre İlişkisi” , **İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü**, Sayı 19, ss. 95-105.

DİKMEN, Ç. B. (2011). “Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi” , **Politeknik Dergisi**, Cilt 14, Sayı 2, ss. 121-134.

ENGİN, N. (2012). “Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: Doğal Havalandırma” , **Tesisat Mühendisliği Dergisi**, Sayı 129, ss. 62-70.

GÖKALP, D.D., YAZGAN, M.E. (2013). “Kentsel Tasarımda Kent Ekolojisi” , **Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi**, Cilt 6, Sayı 1, ss. 28-31.

- GÖRCELİOĞLU, E. (1995). “Ekosistem, Kent ve İnsan”, **İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, Seri B, Cilt 45, Sayı 3-4.
- HARRİS, J.M. (2000). “Basic Principles Of Sustainable Development”, **Global Development and Environment Institute**, Working Paper: 00-04,
- HASOL, D., (1967). “Yapının Endüstrileşmesi ”**Mimarlık Dergisi**, Sayı 40.
- KARAGÜLER, M. E. (2014). “Mimari Beton Uygulamaları”, **THBB Hazır Beton Dergisi**, ss. 73-83.
- KARAKURT TOSUN, E. (2017). “Sürdürülebilirlik Bağlamında Ekolojik Kent Söylemi”, **AİBU Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt 17, Sayı 4, ss. 169-189.
- KAYPAK, Ş. (2011). “Küreselleşme Sürecinde Sürdürülebilir Bir Kalkınma İçin Sürdürülebilir Bir Çevre”, **KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi**, Cilt 13, Sayı 20, ss. 19-33.
- KESKİN, E.B. (2012). “Sürdürülebilir Kent Kavramında Farklı Bir Bakış: Yavaş Şehirler (Cittaslow)”, **PARADOKS Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi**, Cilt 8, Sayı 1, ss. 81-99.
- MERSAL, A. (2016). “Sustainable Urban Futures: Environmental Planning For Sustainable Urban Development”, **Procedia Environmental Sciences**, Cilt 34, ss. 49-61.
- NGOWİ, A.B. (2001), “Creating Competitive Advantage by Using EnvironmentFriendly Building Processes” **Building and Environment**, 36 Issue 3, P. .291-298
- OFLUOĞLU, S. (2014). “Yapı Bilgi Modelleme: Gereksinim ve Birlikte Çalışılabilirlik”, **Mimarist Dergisi**, Ocak.
- ÖZER, A. Ö. (?). “Güncel Bir Tartışma: Sürdürülebilir Kalkınma, Habitat II”, **Planlama Dergisi**, Cilt 95, Sayı 3-4, ss. 21-26.
- ÖZMEHMET, E. (2008). “Dünyada ve Türkiye Sürdürülebilir Kalkınma Yaklaşımları”, **Journal Of Yaşar University**, Cilt 3, Sayı 12, ss. 1853-1876.

TIRAŞ, H. H. (2012). “Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre: Teorik Bir İnceleme”, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt 2, Sayı 2, ss. 57-73.

ÜLGEN, K. (1995). “Binaların Pasif Güneş Enerjili Sistemler Yardımıyla Isıtılması”, **Tesisat Mühendisliği Süreli Teknik Yayını**, Cilt 22, ss. 35-42.

YILMAZ, Z. (2006). “Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji”, **Tesisat Mühendisliği Dergisi**, Sayı 91, ss. 7-15.

VARES, S., HÄKİNKEN, T. (1998). “Environmental Burdens of Concrete and Concrete Products”, **Nordic Concrete Research Publications**, Article no. 21-10.

TEZLER

CİVAN, U. (2006). “Akıllı Binaların Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi” (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

DOĞRUÖZ, İ. (2005). “Prefabrike endüstri yapılarının tasarımı, onarımı güçlendirilmesi ve maliyet karşılaştırılması” (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

ERDOĞMUŞ, İ. (2005). Yapıda Kullanılan Malzemelerin Sürdürülebilirlik Kapsamında Oluşum Enerjisi Açısından İncelenmesi, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

HAMZAKADI, A. (2019). “Çevre Kaynaklarının Korunmasında Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisi ile Yeşil Bina Oluşumunun Değerlendirilmesi” (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimler Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

KARGILI, F., (2005). “Prefabrike betonarme panolu yapıların teşkili tasarımı ve maliyet analizi” (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

DİĞER KAYNAKLAR

- AKSU, C. (2011). “Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre”, Güney Ege Kalkınma Ajansı.
- AYKAL, F.D., GÜMÜŞ, B., ÖZBUDAK AKÇA, Y.B. (2009). “Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması”, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır.
- AYTIS, S., POLATKAN, I. (2010). “Sürdürülebilir Tasarım Kavramında Temel İlkelerin Yapı ve Toplum Ölçeğinde Değerlendirilmesi”, Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- KAYA, A. (2017). Kyoto Protokolü Nedir? <https://www.tech-worm.com/kyoto-protokolu-sozlesmesi-nedir/>, Erişim: Kasım, 2019.
- KILIÇ DEMİRCAN, R., GÜLTEKİN, A.B. (2015). “Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi”, 2nd International Sustainable Buildings Symposium, Gazi Üniversitesi, 839-847.
- POLAT, G., DAMCI, A., (2007). “Türk inşaat sektöründe prefabrik betonarme yapı elemanlarının kullanımını etkileyen faktörler”. İnşaat Yönetimi Kongresi, 2007
- UTKUTUĞ, G. (2011). “Sürdürülebilir Bir Geleceğe Doğru Mimarlık ve Yüksek Performanslı Yeşil Bina Örnekleri”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.

ELEKTRONİK KAYNAKLAR

- URL-1 <https://www.prefab.org.tr/icerik4030.html?urun-gruplari/cephe-elemanlari&tr>, (Erişim Tarihi: 11.01.2023)
- URL-2 <https://fdu.de/produkt/elementwaende/>, (Erişim Tarihi: 11.01.2023)
- URL-3 https://www.fdb-fertigteilbau.de/fileadmin/user_upload/broschueren/2_2427_Wohnungsbaubroschuere_mit_Links.pdf, (Erişim Tarihi: 11.01.2023)
- URL-4 http://www.canaktan.org/hukuk/insan_haklari/yirminci-yuzyilda/insan_cevresi.htm, (Erişim Tarihi: 01.11.2019)

URL-5 http://.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_49c63.pdf , (Erişim Tarihi: 02.11.2019)

URL-6 https://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/ec3ef3b37983cdb_ek.pdf?dergi=678 , (Erişim Tarihi: 21.01.2020)

URL-7 <https://architecture2030.org/> , (Erişim Tarihi: 08.09.2021)

URL-8 <https://www.iea.org/topics/buildings> , (Erişim Tarihi: 16.12.2022)

URL-9 <https://www.semtrio.com/> , (Erişim Tarihi: 12.12.2022)

URL-10 <https://www.bedo-fertigteile.de/> , (Erişim Tarihi: 25.08.2023)