

# EPS YALITIM KALIPLI DONATILI BETON TAŞIYICI DUVAR SİSTEMİ İLE DİĞER YAPI SİSTEMLERİNİN KABA YAPIM MÂLİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Burak ÖZŞAHİN<sup>1\*</sup>, Abdurrahman GÜNER<sup>2</sup>

*burak.ozsahin@klu.edu.tr, aguner@istanbul.edu.tr*

<sup>1</sup> Kırklareli Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Kırklareli

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

## ÖZET

Nüfusu sürekli olarak artan Türkiye’de her geçen gün konut açığı da artmaktadır. Bu sorunu gidermek amacıyla Türkiye bölgesel koşullarını da dikkate alarak yeni konut sistemlerinin değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük (EPS) Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Taşıyıcı (EPS YKDBT) Duvar Sistemi, kolay inşaat imkânı sağlaması, inşaat süresini kısaltması, kalıp ve kalıp işçiliği mâliyetini düşürmesi, kesintisiz ve sürekli yalıtım sağlaması gibi üstünlüklerinden dolayı Türkiye dışında geniş bir kullanım alanına sahip olup Türkiye’de de yakın zamanda tanınip uygulanmaya başlanmıştır. Bu çalışmada EPS YKDBT duvar sistemi ile diğer yapı sistemlerinin kaba yapım mâliyetleri örnek projeler için hesaplanarak karşılaştırıldı. Günümüz koşullarında, örnek konut projeleri için hesaplanan kaba yapım mâliyetleri dikkate alındığında, EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti diğer yapı sistemlerinin kaba yapım mâliyetlerinden daha yüksek bulundu.

**Anahtar Kelimeler:** EPS, Duvar Sistemi, Yapı Sistemi, EPS Duvar Kalıbı, Mâliyet Karşılaştırması

\*Sorumlu Yazar: Burak ÖZŞAHİN\* 0 288 214 18 45, [burak.ozsahin@klu.edu.tr](mailto:burak.ozsahin@klu.edu.tr)

## **COMPARISON OF CONSTRUCTION COST OF EPS ICF WALL SYSTEM WITH OTHER STRUCTURAL SYSTEMS**

### **ABSTRACT**

In Türkiye, the housing deficit is increasing constantly parallel to the increase in population. This necessitates re-evaluation of new housing systems taking into account also the regional conditions. Expanded Polystyrene Foam (EPS) Insulating Concrete Form (ICF) Wall System which is recently introduced in Türkiye and widely used all over the world due to the shorter construction duration, easy construction, reduction of formwork and labor costs, providing continuous and complete insulation advantages. In this study, construction costs of EPS ICF wall system and the other construction systems are calculated on sample residence projects and the construction costs are compared. Under present day conditions, considering the cost of construction calculated on sample residential building projects, it is found that the construction cost of EPS ICF wall system is higher than the other construction systems.

**Keywords:** EPS, Wall System, Construction System, EPS Wall Form, Cost Comparison

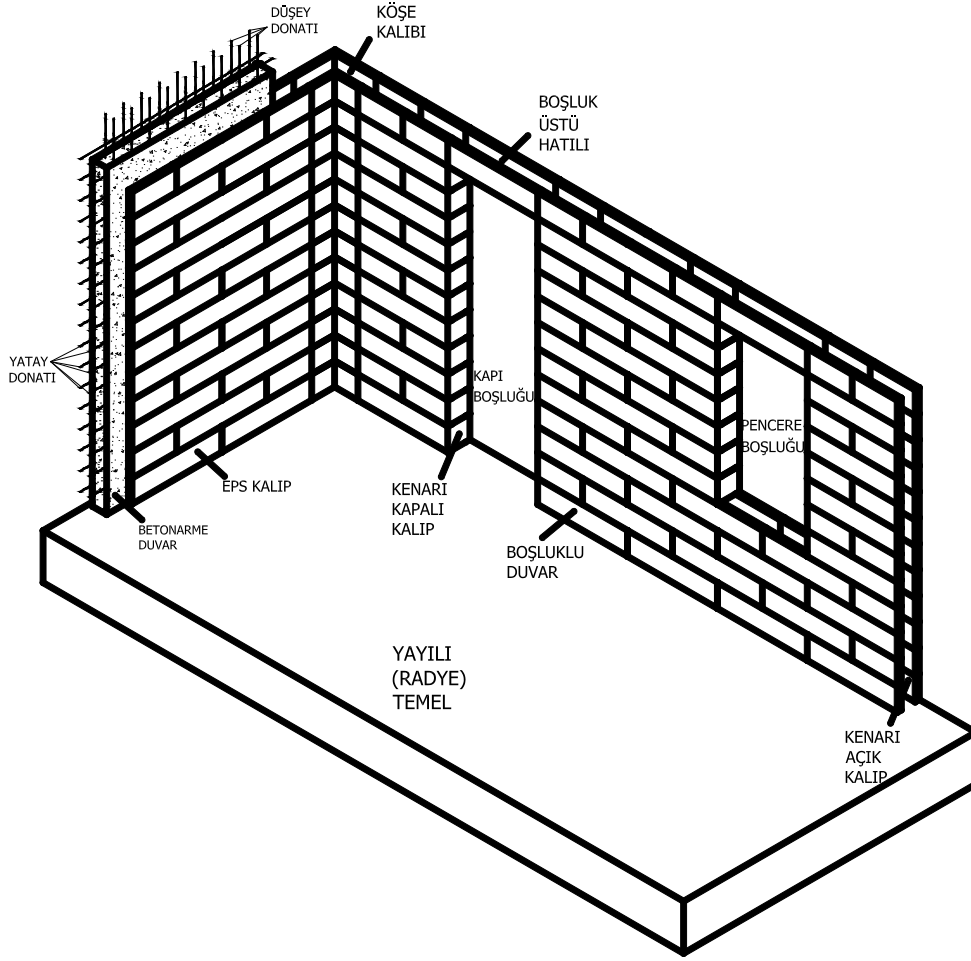
## **1. GİRİŞ**

Türkiye gelişen sanayisi, artan nüfusu, ayrıca yetersiz enerji üretiminden dolayı kendi enerji ihtiyacını kendi kaynakları ile karşılayamayan bir ülkedir. Diğer yandan enerji tüketiminin önemli bir bölümü, binaların ısıtılması için kullanılmaktadır. Türkiye bulunduğu coğrafya nedeniyle bir deprem kuşağı ülkesidir. Türkiye’de uygulanacak yapı sistemlerinde ısı yalıtımı ile depreme dayanıklılığın sağlanması ve bu özelliklerin hızlı bir yapım yöntemi kullanılarak düşük mâliyetli bir şekilde elde edilmesi gerekmektedir. Bu koşullar dikkate alındığında EPS Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Taşıyıcı (EPS YKDBT) Duvar Sisteminin Türkiye’de bina yapımında kullanılması mümkün görülmektedir [1]. Türkiye dışında ICF (Insulating Concrete Form) Walls olarak bilinen EPS YKDBT duvar sistemi uygulamalarında, sistemin uygulandığı ülkenin bulunduğu coğrafya, iklim koşulları, depremsellik ve ülke yönetmeliklerine göre değişen kalınlık ve kesitlere sahip EPS kalıcı kalıpların ve betonun kullanıldığı görülmektedir [2, 3, 4]. Bu çalışmada EPS YKDBT duvar sisteminin genel özellikleri ile yapım yöntemi açıklandıktan sonra yığma kârgir sistem, betonarme karkas sistem ve tünel kalıp sisteminin özellikleri kısaca anlatıldı. Örnek olarak seçilen konut tasarımları, eşdeğer ısıl konfora sahip olacak şekilde farklı yapım sistemleri için Türkiye’de yürürlükte olan yönetmeliklerde öngörülen kural ve koşullara göre tasarlandı ve kaba yapım mâliyetleri hesaplanarak karşılaştırıldı.

## **2. KABA YAPIM MÂLİYETLERİ KARŞILAŞTIRILAN YAPI SİSTEMLERİ**

### **2.1. EPS Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi**

EPS YKDBT duvarın iki yüzünde EPS’den oluşan yalıtım malzemesi ve bunların arasında donatılı beton taşıyıcı çekirdek bulunmaktadır. EPS YKDBT duvar sisteminde EPS elemanlar hem yalıtım hem de kalıp vazifesi görecektir şekilde levha veya blok olarak kullanılmakta ve aralarına donatı yerleştirilerek beton doldurulmaktadır (Şekil 1). Bu sistem uluslararası literatürde “ICF (Insulating Concrete Form) Walls” olarak tanınmaktadır [2, 3, 4].



**Şekil 1.** EPS YKDBT Duvar Sisteminin Şematik Gösterimi [1]

\*Sistemin beton dökümünden önceki ve sonraki hâlinin şematik olarak gösterilebilmesi için duvarın tamamı yerine bir kısmında donatılı beton duvar gösterilmiştir.

Sistemde EPS kalıplar kullanılarak kalıp ve işçilik mâliyetinin düşürülmesi, inşaat süresinin kısaltılması, binada kesintisiz ve sürekli bir yalıtım sağlanarak enerji verimliliğinin artırılması hedeflenmektedir. Sistem uygulamalarında çeşitli yoğunluklu EPS kalıplar etkimesi muhtemel yüklerle ve istenilen ısıl konfora bağlı olarak belirlenen duvar kalınlığına uygun şekilde üst üste ve yan yana dizilerek duvar sistemi oluşturulmaktadır. EPS kalıplar kullanılarak hazırlanan duvarlara düşey ve yatay donatılar şantiyede yerleştirildikten sonra kalıplar arasındaki boşluk beton ile doldurularak duvar sistemi tamamlanır. EPS kalıplarda beton karışımına, beton karışımında da EPS kalıplara zararlı bir madde bulunmaması, bu iki malzemenin rahatlıkla birlikte kullanılmasını sağlamaktadır. Çeşitli tiplerde üretilen EPS kalıpların üzerlerinde birbirine geçme yaparak dizilme anında tam ve sağlam bir kenetlenme oluşturmak için dişler bulunmaktadır (Şekil 2). Bu dişler sâyesinde EPS kalıplar üst üste ve yan yana dizilip kenetlenerek herhangi bir yapıştırma işlemine gerek kalmaksızın duvar

sistemi oluşturulmaktadır. Sistemde kullanılan EPS kalıplar, üzerlerindeki dişler sayesinde birbiri ile iyi bir şekilde kenetlendiği için, beton yerleştirilmesi sırasında kalıpların arasından beton veya bağlayıcı bulamaç dışarı akmaz. EPS kalıpların iç yüzeylerinde belirli aralıklarla, EPS kalıp ile beton çekirdek arasındaki mekaniksel bağlantının dübel ya da vida kullanılmasına gerek kalmaksızın oluşmasını sağlayan kırılmaç kuyruğu girintiler vardır. Betonun yerleştirilmesi sırasında EPS kalıpların şekillerini korumak, betonun yerleştirilmesi sırasında meydana gelen yanal kuvvetleri karşılamak ve beton sertleştikten sonra iki yüzeyde bulunan EPS elemanların betonla bir arada kalmasına yardımcı olmak için, kalıp içerisinde iç yüzeye dik doğrultuda belirli aralıklarla EPS, metal, plastik vb. malzemelerden yapılmış bağlantı köprüleri bulunmaktadır [1] (Şekil 2).



**Şekil 2.** Mâliyet Hesabında Kullanılan EPS ve Metal (Tel) Bağlantı Köprülü EPS Kalıplar [1,5]

Beton dökümü sırasında betonun kalıba uyguladığı yanal kuvvetleri karşılayacak şekilde tasarlanan, çeşitli biçim ve boyutlarda imal edilen bağlantı köprülerinin bazı türleri fabrikada imal edilirken bazı türleri ise kalıplara şantiyede monte edilmektedir. EPS YKDBT duvar sisteminde EPS kalıpların kalıcı olması, kalıp içinde bağlantı köprülerinin bulunması, yatay ve düşey donatının kalıp içindeki küçük boyutlu boşluklarda düzenlenmesi, sistemde betonun boşluksuz yerleştirilmesini önemli hâle getirmektedir. EPS YKDBT duvar sisteminde betonun yerleştirilmesi sırasında EPS kalıpların patlamaması için genellikle vibratör kullanılmaz. Sistemde duvarlara betonun yerleştirilmesinde vibrasyon uygulamak yerine dar engeller arasından geçebilme, boşlukları doldurabilme kabiliyetine sahip çok akıcı kıvamda ve aynı zamanda yüksek ayrışma direncine sahip beton kullanılır [1].

## **2.2. Yığma Kârgir Sistemler**

Taş, tuğla, briket, ahşap, kerpiç, gaz beton gibi gereçlerin birleşim yerlerinde harçlı ya da harçsız üst üste yerleştirilerek örülmesiyle oluşturulan sistemlerdir. Bu tür yapılarda duvarlar, hem mekânları birbirinden ayıran (oda, salon, mutfak vb.) mimârî işlev görürler, hem de taşıyıcıdırlar [6]. Binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan tüm elemanların ağırlıkları ile binaya yatay olarak etkiyen rüzgâr ve deprem yükleri iç ve dış duvarlar tarafından taşınarak temellere aktarılırlar. Bu tür yapı sistemlerinde tüm yükler duvarlar tarafından taşındığından, taşıyıcı olan bölme ve dış duvarlarda yönetmeliklerin belirlediği oran ve yerlerde kapı, pencere gibi boşluklar bırakılabilmekte; oluşabilen çekme kuvvetine, devrilme veya dışa burkulmaya karşı düşey ve yatay betonarme (ahşap veya çelik) hatıllarla bağlanmaktadır. Yığma kârgir sistemlerde yüklerin tamâmı duvarlar tarafından karşılandığı için yapının bazı bölümlerindeki duvarların yerlerinin değiştirilmesi veya duvarların kaldırılması mümkün değildir.

## **2.3. Betonarme Karkas Sistemler**

Karkas yapıları yığma yapılardan ayırt eden temel özellik, duvarların taşıyıcı olmaması, yalnızca mimârî amaçlarla yapılmış olmalarıdır. Taşıyıcılık görevini “karkas” adı verilen bir “iskelet” yapar. Bu karkas; betonarme, çelik ya da ahşap gereçlerden yapılabilir. Karkas ve kat döşemeleri oluşturulduktan sonra üzerine bölme duvarları örülür. Bölme duvarları taşıyıcı değil taşınandır. Betonarme karkas yapılar maruz kaldıkları yükleri iskelet sistemiyle temele aktarırlar. Bu iskeleti oluşturan elemanlar düşeyde kolonlar ve perdeler, yatayda kirişler ve döşemelerdir [6].

## **2.4. Tünel Kalıp Sistemi**

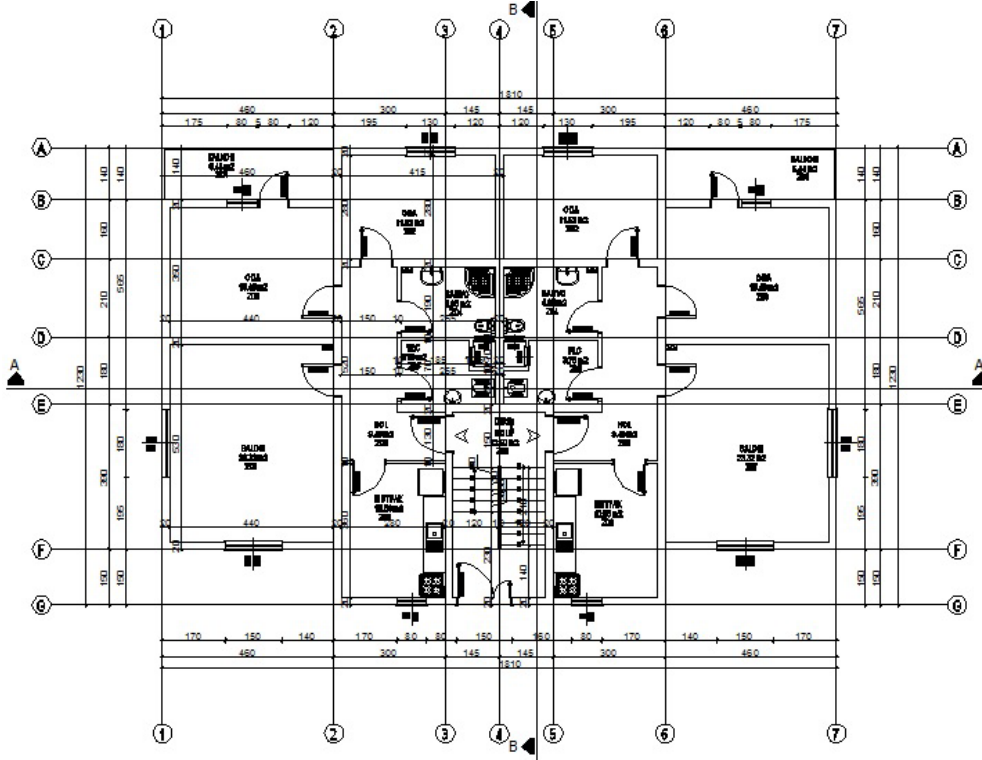
Tünel kalıp sistemi, büyük kalıp elemanları kullanılarak yapının döşeme ve taşıyıcı duvarlarının bir bütün halinde ve tek işlemlerle yerine dökülmesini sağlayan endüstrileşmiş yapım tekniklerinden bir yerinde döküm betonarme yapım sistemidir [7]. Tünel kalıp dikdörtgen enkesitli yarım tünel şeklinde kalıpların karşılıklı bağlanması ile oluşmaktadır. Bu tür yapılarda alışlagelmiş binalardan farklı olarak yatay ve düşey yüklerin aktarımı kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve sistemler yerine betonarme döşeme ve taşıyıcı duvarlar ile sağlanmaktadır. Genel uygulamada, duvar ve döşeme kalınlıkları hemen hemen aynı tutulmaktadır [8].

Mâliyetlerin karşılaştırılmasında yapım türlerinin aynı işlevsellik ve ısı konfor şartlarını sağlayacak ayrıntıları ve özellikleri esas alındı.

### 3.EPS YKDBT DUVAR SİSTEMİ İLE DİĞER YAPI TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN KABA YAPIM MÂLİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI

#### 3.1 Mâliyet Karşılaştırılmasında Kullanılan Örnek Konut Projeleri Hakkında Genel Bilgiler

EPS YKDBT duvar sistemi ile diğer yapı sistemlerinin kaba yapım mâliyetlerinin karşılaştırılmasında kat planları Şekil 3 ve Şekil 4'te verilen iki farklı örnek konut tasarımı kullanıldı. EPS YKDBT duvar sisteminin Türkiye ve yurtdışındaki uygulamalarında taşıyıcı duvarların oluşturulmasında farklı şekil ve boyutlara sahip EPS kalıcı kalıplar kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında incelenen örnek konut tasarımlarının kaba yapım mâliyet hesapları, Türkiye'de yaygın kullanıma sahip iki tür EPS duvar kalıbı için yapıldı (Şekil 2).



Şekil 3. Örnek Konut 1 Tasarımı Zemin Kat Planı [1]

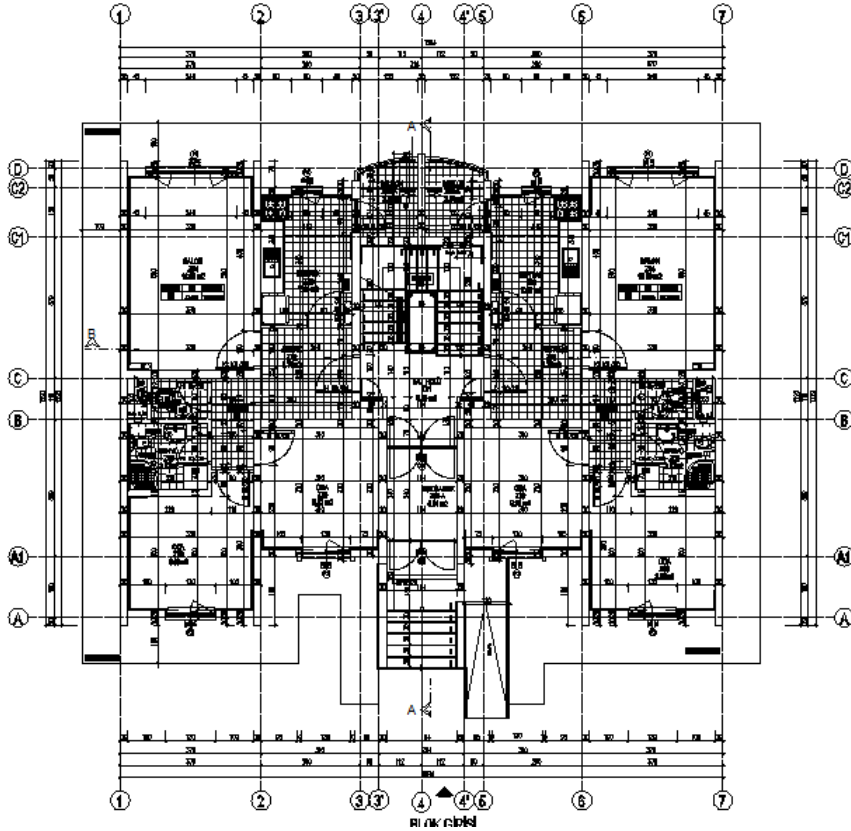
Kat planı ve ölçüleri Şekil 3'de verilen Örnek Konut 1 yapısı, eşdeğer ısı konfora sahip olacak şekilde betonarme karkas, yığma kârgir ve EPS bağlantı köprülü kalıpların kullanıldığı EPS YKDBT duvar sistemi için Türkiye'de geçerli olan mevcut yönetmeliklerde öngörülen kural ve koşullara göre ayrı ayrı tasarlandı ve kaba yapım mâliyetleri hesaplandı [9, 10]. Mâliyet karşılaştırmasında kullanılan Örnek Konut 1 yapısı 3 kattan oluşmaktadır. Örnek



Konut 1 tasarımında dikkate alınan yapı parametreleri Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Örnek Konut 1 Projesi Tasarım Parametreleri

Yapı Türü .....	: Konut
Yapı Kat Adedi.....	: 3 (Bodrum+Zemin+1 Normal Kat)
Kat Yüksekliği, $h_{kat}$ .....	: 3.00
Bina Önem Katsayısı, I .....	: 1.0
Deprem Bölgesi .....	: 3
Etkin Yer İvmesi Katsayısı ( $A_0$ ) .....	: 0.2
Yerel Zemin Sınıfı.....	: Z3
Zemin Grubu .....	: C
Spektrum Karakteristik Periyotları, $T_A$ .....	: 0.15 s,
$T_B$ .....	: 0.60 s
Zemin Emniyet Gerilmesi, $\sigma_{zem}$ .....	: 200 kN/m <sup>2</sup>
Zemin Yatak Katsayısı, $K_o$ .....	: 50 000 kN/m <sup>3</sup>
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R .....	: 8 (Betonarme Karkas Yapı)
	6 (EPS Yalıtım Kalıplı Yapı)
Beton Dayanım Sınıfı.....	: C30
Çelik Dayanım Sınıfı.....	: S420



**Şekil 4.** Örnek Konut 2 Projesi Zemin Kat Planı [1]



Kat planı ve ölçüleri Şekil 4’te verilen Örnek Konut 2 yapısı eşdeğer ısı konfora sahip olacak şekilde betonarme karkas, tünel kalıp ve metal (tel) bağlantı köprülü kalıpların kullanıldığı EPS YKDBT duvar sistemi için Türkiye’de geçerli mevcut yönetmeliklerde öngörülen kurallara göre ayrı ayrı tasarlandı ve kaba yapım mâliyetleri hesaplandı [9, 10]. Mâliyet analizinde kullanılan Örnek konut 2 yapısı 5 kattan oluşmaktadır. Örnek konut 2 yapısının tasarımında dikkate alınan yapı parametreleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Örnek Konut 2 Projesi Tasarım Parametreleri

Yapı Türü .....	: Konut
Yapı Kat Adedi.....	: 5 (Bodrum+Zemin+3 Normal Kat)
Kat Yüksekliği, $h_{kat}$ .....	: 3.00
Bina Önem Katsayısı, I .....	: 1.0
Deprem Bölgesi .....	: 3
Etkin Yer İvmesi Katsayısı ( $A_0$ ) .....	: 0.2
Yerel Zemin Sınıfı.....	: Z3
Zemin Grubu .....	: C
Spektrum Karakteristik Periyotları, $T_A$ .....	: 0.15 s,
$T_B$ .....	: 0.60 s
Zemin Emniyet Gerilmesi, $\sigma_{zem}$ .....	: 200 kN/m <sup>2</sup>
Zemin Yatak Katsayısı, $K_o$ .....	: 50 000 kN/m <sup>3</sup>
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R .....	: 8 (Betonarme Karkas Yapı)
	6 (EPS Yalıtım Kalıplı Yapı)
	6 (Tünel Kalıp Yapı)
Beton Dayanım Sınıfı.....	: C30
Çelik Dayanım Sınıfı.....	: S420

Örnek Konut 1 yapısının EPS YKDBT duvar sistemi olarak tasarımında taşıyıcı duvarlarda EPS bağlantı köprülü kalıplar ve Örnek Konut 2 yapısının EPS YKDBT duvar sistemi olarak tasarımında taşıyıcı duvarlarda metal (tel) bağlantı köprülü EPS kalıplar kullanıldı (Şekil 2). Mâliyet hesaplarında dikkate alınan yapı elemanlarının özellikleri özet olarak Tablo 3’de verildi. Mâliyet hesaplarında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2015 Yılı İnşaat Birim Fiyat Listesi’nden yararlanıldı [11]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2015 Yılı İnşaat Birim Fiyat Listesi’nde yer almayan imalat, “özel imalat” olarak tanımlandı. Özel imalatın birim fiyatlarının tespitinde Milli Savunma Bakanlığı 2015 Yılı İnşaat Birim Fiyat, Tarif ve Analizleri’nden yararlanıldı ve bu listede de yer almayan imalat için piyasa araştırması sonucu birim fiyatlar belirlendi [12].

**Tablo 3.** Mâliyet Hesabında Dikkate Alınan Yapı Elemanlarının Özellikleri

Yapı Sistemi	Yığma Kârgir Sistem	Betonarme Karkas Sistem	Tünel Kalıp Sistemi	EPS YKDBT Duvar Sistemi
<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Taşıyıcı Tuğla Duvar	Betonarme İskelet Sistem	Taşıyıcı Betonarme Duvar	Taşıyıcı EPS Kalıplı Duvar
<b>Temel Sistemi</b>	Duvar Altı Temeli	Radye Temel	Radye Temel	Radye Temel
<b>Döşeme Sistemi</b>	Plak Döşeme	Plak Döşeme	Plak Döşeme	Plak Döşeme
<b>Düşey Dolaşım Ögesi</b>	Betonarme Merdiven	Betonarme Merdiven	Betonarme Merdiven	Betonarme Merdiven
<b>Duvar Malzemesi</b>	190 mm düşey delikli dış duvar 135 ve 95 mm yatay delikli iç bölme duvarı	190 mm yatay delikli dış duvar 135 ve 95 mm yatay delikli iç bölme duvarı	190 m yatay delikli dış (ceph) duvar	EPS kalıplı duvar
<b>Yalıtım Sistemi</b>	EPS ile 50 mm dışarıdan mantolama	EPS ile 50 mm dışarıdan mantolama	EPS ile 50 mm dışarıdan mantolama	42,5 mm dış ve 42,5 mm iç EPS kalıp kalınlığı
<b>Sıva</b>	Dış cephe sıvası İç sıva ve alçı sıva Klasik tavan sıvası	Dış cephe sıvası İç sıva ve alçı sıva Klasik tavan sıvası	Dış cephe sıvası İçte alçı sıva Tavanda alçı astar ve alçı sıva	Dış cephe sıvası İç sıva ve alçı sıva Klasik tavan sıvası

Yapı sistemlerinin yapım mâliyetlerinin karşılaştırılmasında, kaba yapı imalatı dikkate alındı. Mâliyet karşılaştırılmasında dikkate alınan imalat kalemlerinin dışındaki imalat tüm yapı sistemlerinde, binalarda aynı olduğu için, yapı sistemlerinin mâliyet farklarının belirlenmesinde etkilerinin olmadığı kabul edildi.

### 3.2 Örnek Konut Tasarımları için Kaba Yapım Mâliyet Hesap Sonuçları

Şekil 3 ve Şekil 4'te kat planları verilen örnek konut tasarımları için yapılan kaba yapım mâliyeti hesap sonuçları sırasıyla Tablo 4 ve Tablo 5'te verildi. Tablo 4 ve Tablo 5'te özetlenen mâliyet hesapları sonuçlarına göre, EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti diğer yapı sistemlerinin kaba yapım mâliyetlerinden daha yüksektir. Şekil 3'de kat planı verilen Örnek Konut 1 tasarımı için yapılan mâliyet hesapları sonucuna göre EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti, yığma yapı sistemi kaba yapım mâliyetinden % 44, betonarme karkas yapı sistemi kaba yapım mâliyetinden % 8,6 daha yüksektir.

Şekil 4'te kat planı verilen Örnek Konut 2 projesi için yapılan mâliyet hesapları sonucuna göre EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti, betonarme karkas yapı sistemi kaba yapım mâliyetinden % 15, tünel kalıp sistemi kaba yapım mâliyetinden % 4 daha yüksektir.

EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti, betonarme karkas yapı sisteminin kaba

yapım mâliyetinden Örnek Konut 1 projesinde % 8,5 ve Örnek Konut 2 projesinden % 15 daha yüksektir. Bu farkın sebebi mâliyet hesaplarında iki farklı EPS duvar kalıbının kullanılmasıdır (Şekil 2). Örnek Konut 2 tasarımında, Örnek Konut 1 tasarımında olduğu gibi EPS bağlantı köprülü duvar kalıbı kullanılması durumunda EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti 318 810,57 TL'ye inecektir. Böylece Örnek Konut 2 tasarımında EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti Örnek Konut 1 tasarımında olduğu gibi betonarme karkas yapı sistemi kaba yapım mâliyetinden % 8,5 daha yüksek olacaktır.

Yapılan mâliyet hesaplarına göre EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyetinin diğer yapı sistemlerinden daha yüksek olmasının en önemli sebebi, sistemde kullanılan kendiliğinden yerleşen beton ve EPS kalıp mâliyetlerinin yüksek olmasıdır. Örnek Konut 1 projesinde yalıtım ve kalıp mâliyeti, EPS YKDBT duvar sisteminde 73 485,40 TL, betonarme karkas yapı sisteminde 70 354,75 TL ve yığma yapı sisteminde 50 484,91 TL'dir. Örnek Konut 2 tasarımında yalıtım ve kalıp mâliyeti, EPS YKDBT duvar sisteminde 126 983,52 TL, betonarme karkas yapı sisteminde 114 894,29 TL ve tünel kalıp sisteminde 148 034,12 TL'dir. EPS YKDBT duvar sisteminde kendiliğinden yerleşen beton yerine, sistem özelliklerine uygun olarak tasarlanmış dar engeller arasından geçebilme, boşlukları doldurabilme kabiliyetine sahip çok akıcı beton kullanılması durumunda, sistemin kaba yapım mâliyeti Örnek Konut 1 yapısında % 4,7 ve Örnek Konut 2 projesinde % 4,9 düşecektir. EPS YKDBT duvar sisteminde sistem özelliklerine uygun çok akıcı kıvamda beton kullanılması durumunda sistemin kaba yapım mâliyeti betonarme karkas yapı sistemi kaba yapım mâliyetine çok yaklaşırken (% 3,5) tünel kalıp sistemi kaba yapım mâliyetinden % 1,1 daha düşük olacaktır.

Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir husus mâliyetlerin karşılaştırılması için yüzde cinsinden verilen farklar kaba yapım (taşıyıcı iskelet veyâ duvar, ısı yalıtımı, eşdeğer asgarî sıvaların) mâliyetleri içindir. Toplam yapım mâliyetleri için, EPS YKDBT duvar sistemi ile diğer yapı sistemleri karşılaştırılırsa sistemlerin yapım mâliyetleri arasındaki yüzde cinsinden farklar yaklaşık yarısına düşecektir.

**Tablo 4.** Örnek Konut 1 Tasarımı için Eşdeğer Isıl Performansa Sahip Yapı Tiplerinin Kaba Yapım Maliyetlerinin Karşılaştırması

Sıra No	Poz.No	Kısaca Tanımı	Birimi	2015 Birim Fiyatı (TL)	Betonarme Karkas Yapı		Yığma Kargir Yapı		EPS Yalıtım Kalıplı Yapı	
					Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)
1	Y.16.050/04	C20/25 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	149,88	3,27	489,81	3,94	590,53	0,42	62,35
2	Y.16.050/06	C30/37 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	172,38	177,47	30 592,28	103,02	17 758,93	76,54	13 193,79
3	Y.18.001/C01	Yatay Delikli Tuğla ile Duvar Yapılması (Yarım)	m <sup>2</sup>	22,13	116,24	2 572,35	120,30	2 662,33	118,03	2 612,09
4	Y.18.001/C05	Yatay Delikli Tuğla ile Duvar Yapılması (Tam)	m <sup>3</sup>	30,00	107,55	3 226,59	—	—	—	—
5	Y.18.001/F04	Düşey Delikli Tuğla ile Taşıyıcı Duvar Yapılması	m <sup>2</sup>	35,53	—	—	160,34	5 696,95	—	—
6	Y.21.001/01	Ahşaptan Seri Kalıp Yapılması	m <sup>2</sup>	11,78	41,16	484,86	48,92	576,28	9,60	113,09
7	Y.21.011/02	Düz Yüzeyleli Betonarme Kalıbı	m <sup>2</sup>	30,04	1 468,96	44 217,56	830,22	24 939,87	579,10	17 396,13
8	Y.21.050/C01	Kalıp İskelesi	m <sup>3</sup>	4,59	1 768,62	8 117,95	1 600,08	7 344,38	1 544,25	7 088,11
9	Y.21.051/C03	İş İskelesi (Duvar için)	m <sup>2</sup>	4,21	416,16	1 752,03	418,30	1 761,06	418,30	1 761,06
10	Y.23.014	Ø8-12 mm Betonarme Demiri	ton	1 972,66	12,92	25 484,79	7,93	15 635,30	16,61	32 763,91
11	Y.23.015	Ø14-28 mm Betonarme Demiri	ton	1 939,23	3,25	6 304,44	—	—	3,60	6 977,35
12	Y.27.501/01	Sıva Yapılması (Dış)	m <sup>2</sup>	21,00	454,80	9 550,80	454,80	9 550,80	—	—
13	27.528/2	Alçı Kaplama Yapılması	m <sup>2</sup>	7,50	1 375,27	10 314,56	1 364,66	10 234,94	133,73	1 002,96

**Tablo 4.** Örnek Konut 1 Tasarımı için Eşdeğer Isıl Performansa Sahip Yapı Tiplerinin Kaba Yapım Maliyetlerinin Karşılaştırması (Devam)

Sıra No	Poz No	Kısaca Tanımı	Birim	2015 Birim Fiyatı (TL)	Betonarme Karkas Yapı		Yığma Kargir Yapı		EPS Yalıtım Kalıplı Yapı	
					Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)
14	27.531/1	Sıva Yapılması (İç)	m <sup>2</sup>	14,98	1 375,27	20 601,60	1 364,66	20 442,58	133,73	2 003,25
15	27.535/1	Tavan Sıvası Yapılması	m <sup>2</sup>	14,54	519,60	7 554,95	517,04	7 517,73	495,31	7 201,81
16	04.168/1 (Özel)	EPS Kalıcı Duvar Kalıbı	m <sup>2</sup>	50,15	—	—	—	—	856,90	42 973,38
17	MSB 324 (Özel)	Kendiliğinden Yerleşen Beton	m <sup>3</sup>	242,25	—	—	—	—	136,92	33 167,66
18	Özel 1	EPS Üzerine Sıva Yapılması (İç)	m <sup>2</sup>	17,20	—	—	—	—	1 210,69	20 823,80
19	Özel 2	EPS Üzerine Sıva Yapılması (Dış)	m <sup>2</sup>	22,00	—	—	—	—	454,80	10 005,60
20	Özel 3	EPS Duvar Döşeme Birleşim Kalıbı	m	13,45	—	—	—	—	197,85	2 661,08
21	Özel 4	EPS Kalıp Uzatma Elemanı	m	2,18	—	—	—	—	552,60	1 204,67
22	Özel 5	EPS Bitiş Ucu	Adet	1,00	—	—	—	—	400,00	400,00
23	Özel 6	EPS ile Mantolama Yapılması	m <sup>2</sup>	42,35	416,16	17 624,38	416,16	17 624,38	38,94	1 648,94
	<b>TOPLAM</b>					<b>188 798,95</b>		<b>142 336,05</b>		<b>205 061,03</b>

**Tablo 5.** Örnek Konut 2 Tasarımı için Eşdeğer Isıl Performansa Sahip Yapı Tiplerinin Kaba Yapım Maliyetlerinin Karşılaştırması

Sıra No	Poz No	Kısaca Tanımı	Birim	2015 Birim Fiyatı (TL)	Betonarme Karkas Yapı		Tünel Kalıp Yapı		EPS Yalıtım Kalıplı Yapı	
					Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)
1	Y.16.050/04	C20/25 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	149,88	5,50	824,04	3,42	513,19	0,86	128,30
2	Y.16.050/06	C30/37 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	172,38	246,19	42 438,23	342,70	59 074,63	108,55	18 711,85
3	Y.18.001/C01	Yatay Delikli Tuğla ile Duvar Yapılması (Yarım)	m <sup>2</sup>	22,13	226,78	5 018,66	231,36	5 120,02	226,65	5 015,81
4	Y.18.001/C05	Yatay Delikli Tuğla ile Duvar Yapılması (Tam)	m <sup>3</sup>	30,00	169,51	5 085,36	48,79	1 463,64	—	—
5	Y.21.001/01	Ahşaptan Seri Kalıp Yapılması	m <sup>2</sup>	11,78	73,31	863,62	48,72	573,92	18,48	217,69
6	Y.21.011/02	Düz Yüzeyle Betonarme Kalıbı	m <sup>2</sup>	30,04	2 140,54	64 301,82	43,80	1 315,75	737,60	22 157,44
7	Y.21.050/C01	Kalıp İskelesi	m <sup>3</sup>	4,59	2 146,03	9 850,27	107,81	494,85	1 894,07	8 693,80
8	Y.21.051/C03	İş İskelesi (Duvar için)	m <sup>2</sup>	4,21	848,61	3 572,64	841,70	3 543,56	841,70	3 543,56
9	Y.23.014	Ø8-12 mm Betonarme Demiri	ton	1 972,66	17,52	34 564,95	25,85	50 999,18	21,32	42 063,03
10	Y.23.015	Ø14-28 mm Betonarme Demiri	ton	1 939,23	6,88	13 339,96	7,86	15 238,47	11,55	22 396,17
11	Y.27.501/01	Sıva Yapılması (Dış)	m <sup>2</sup>	21,00	970,21	20 374,35	976,06	20 497,26	—	—
12	27.528/1A	Alçı Astar (Perdah) Yapılması	m <sup>2</sup>	3,04	—	—	695,19	2 113,37	—	—
13	27.528/2	Alçı Kaplama Yapılması	m <sup>2</sup>	7,50	1 933,27	14 499,50	2 585,30	19 389,74	—	—

**Tablo 5.** Örnek Konut 2 Tasarımı için Eşdeğer Isıl Performansa Sahip Yapı Tiplerinin Kaba Yapım Maliyetlerinin Karşılaştırması (Devam)

Sıra No	Poz No	Kısaca Tanımı	Birim	2015 Birim Fiyatı (TL)	Betonarme Karkas Yapı		Tünel Kalıp Yapı		EPS Yalıtım Kalıplı Yapı	
					Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)
14	27.531/1	Sıva Yapılması (İç)	m <sup>2</sup>	14,98	1 933,27	28 960,34	—	—	218,14	3 267,74
15	27.535/1	Tavan Sıvası Yapılması	m <sup>2</sup>	14,54	698,26	10 152,63	—	—	671,64	9 765,63
16	MSB 324 (Özel)	Kendiliğinden Yerleşen Beton	m <sup>3</sup>	242,25	—	—	—	—	238,94	57 882,97
17	Y.21.040	Tünel Kalıp	m <sup>2</sup>	36,01	—	—	2 937,27	105 771,02	—	—
18	04.168/J01 (Özel)	EPS Kalıcı Duvar Kalıbı	m <sup>2</sup>	64,90	—	—	—	—	1 369,19	88 860,63
19	Özel 1	EPS Üzerine Sıva Yapılması (İç)	m <sup>2</sup>	17,20	—	—	—	—	1 617,05	27 813,24
20	Özel 2	EPS Üzerine Sıva Yapılması (Dış)	m <sup>2</sup>	22,00	—	—	—	—	974,29	24 134,36
21	Özel 3	EPS Duvar Döşeme Birleşim Kalıbı	m	13,45	—	—	—	—	350,90	4 719,61
22	Özel 4	EPS Bitiş Ucu	Adet	1,00	—	—	—	—	660,00	660,00
23	Özel 5	EPS ile Mantolama Yapılması	m <sup>2</sup>	42,35	941,64	39 878,58	941,64	39 878,58	39,54	1 674,35
	<b>TOPLAM</b>					<b>293 724,96</b>		<b>325 987,16</b>		<b>339 006,17</b>



#### **4. SONUÇ ve ÖNERİLER**

Çalışma kapsamında EPS YKDBT duvar sistemi ile diğer yapı sistemlerinin kaba yapım mâliyetlerinin karşılaştırılmasında iki farklı örnek konut tasarımı kullanıldı. 3 kattan oluşan örnek bina tasarımları için betonarme karkas, yığma kârgir ve EPS bağlantı köprülü kalıpların kullanıldığı EPS YKDBT duvar sistemi için tasarım yapılarak ve üç farklı yapım sisteminin kaba yapım mâliyetleri hesaplandı. 5 kattan oluşan diğer örnek bina tasarımı için betonarme karkas, tünel kalıp sistemi ve metal (tel) bağlantı köprülü kalıpların kullanıldığı EPS YKDBT duvar sistemi için tasarım yapılarak ve üç farklı yapım sisteminin kaba yapım mâliyetleri hesaplandı.

Yapılan mâliyet hesapları sonucunda EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyetinin diğer yapı sistemlerinden daha yüksek olduğu sonucuna varıldı.

EPS YKDBT duvar sisteminin Türkiye’de yaygın olarak kullanılabilmesi için sistem yapım mâliyetinin düşürülmesi gerekmektedir.

EPS YKDBT duvar sistemi kaba yapım mâliyetinin diğer yapı sistemlerinden daha yüksek olmasının en önemli sebepleri, sistemde kullanılan kendiliğinden yerleşen beton ve EPS kalıp mâliyetlerinin yüksek olmasıdır.

EPS YKDBT duvar sisteminin Türkiye uygulamalarında kullanılan kalıplar veya kalıp hammaddesi yurtdışından ithal edilmekte veya Türkiye’de yurtdışı firmalarının patenti altında üretilmektedir. Bu sebeple sistemde kullanılan kalıpların mâliyetleri yüksek olmakta, dolayısıyla sistemin yapım mâliyeti yükselmektedir. EPS kalıpların Türkiye’de yerli firmalar tarafından yaygın olarak üretilerek kalıp mâliyetlerinin düşürülmesi, sistemin yapım mâliyeti açısından oldukça önemlidir. Yapım mâliyetindeki diğer önemli etken sistemde kullanılan betonun mâliyetidir. Kendiliğinden yerleşen betonun mâliyetinin giderek düşmesi sistemin yapım mâliyetinin düşmesi için önemli bir etkidir. Ayrıca sistem özellikleri dikkate alınarak tasarlanmış ve sistem üzerinde denenerek iyi sonuçlar alınmış çok akıcı kıvamda yüksek oranlarda puzolanlı bağlayıcı geleneksel beton kullanılması, sistemde kullanılan beton mâliyetini ve dolayısıyla sistemin yapım mâliyetini istenilen düzeye düşürecektir.

EPS YKDBT duvar sistemi ile ilgili olarak gelecekte yapılacak çalışmalarda farklı kat sayısına sahip, farklı kalıp sistemlerinin kullanıldığı çok sayıda konut projesi için toplam yapım mâliyeti ile işletme mâliyeti (ısıtma, soğutma, bakım ve onarım vb.) analizlerinin yapılarak karşılaştırmaların binanın faydalı ömrü boyunca toplam mâliyetlerinin karşılaştırılması daha gerçekçi karşılaştırmaların yapılmasına imkân verecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] Özşahin. B., Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Duvarlı Binaların Yapımsal ve Ekonomik Uygulanabilirliği, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011
- [2] Insulating Concrete Form Systems (ICFs), National Association of Home Builders (NAHB), Technical Report, 2000
- [3] In-Plane Shear Resistance of Insulating Concrete Form Walls, U.S Department of Housing and Urban Development (HUD), Portland Cement Association (PCA), Prepared by National Association of Home Builders (NAHB) Research Center, Technical Report H-21172CA, 2001
- [4] Prescriptive Method for Insulating Concrete Forms In Residential Construction, U.S. Department of Housing and Urban Development (HUD), Portland Cement Association (PCA) Prepared by National Association of Home Builders (NAHB) Research Center, Technical Report,1998
- [5] Özşahin. B., EPS Bloklü Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004
- [6] Akgündüz. N., Deprem Bölgelerinde Yığma Tasarımının Yönetmeliğe Göre İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 36-38, 2004
- [7] Sıngın. A., Tünel Kalıp Sistemi İle İnşaat, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Bülteni, Ağustos, 13-21, 2000
- [8] Güler. K., Tünel Kalıp Sistemiyle Yapılan Yapıların Deprem Süresince Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2009, S3
- [9] TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000
- [10] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara
- [11] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2015 Yılı İnşaat Birim Fiyatları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 2015
- [12] Millî Savunma Bakanlığı 2015 Yılı İnşaat Birim Fiyat, Tarif ve Analizleri, Millî Savunma Bakanlığı, Ankara, 2015