



Dikdörtgen Planlı Tünel Kalıp Kullanılan Betonarme Yapılarda Plan Boyutları ve Kat Adedinin Maliyete Etkileri

Effects of Plane Dimensions and Number of Storeys On the Cost of Rectangular-Plane Buildings Constructed with Tunnel Form

Zeynep Yeşim İLERİSOY, Mehmet Emin TUNA

ÖZ

Mimarinin önemli çalışma alanlarından olan konut projeleri inşaat sektörünü oluşturan yapılar içinde en büyük paya sahiptir. Konut ihtiyacının fazla olduğu ülkemizde ihtiyacın optimum şekilde karşılanması gerekmekte ve daha fikir aşamasındayken tutarlı tasarım alternatiflerinin oluşturulması önem taşımaktadır. Bu ise tasarım evresindeki kararların bilinçli ve rasyonel bir şekilde alınmasıyla mümkün olabilecektir. Bu çalışmanın amacı da mimari tasarım evresinden kaynaklanan bina maliyeti değişimlerini incelemek olup Türk standart ve yönetmelikleri kapsamında aynı geometriye sahip projelere yönelik bir araştırma elde etmektir. Bu doğrultuda plan düzleminde farklı boyutlara sahip altı adet dikdörtgen planlı konut projesi tasarlanmış, taşıyıcı sistemi tamamı perde duvarlı olan ve tünel kalıp teknolojisi ile üretilen projeler dokuz farklı kat adedinde incelenmiştir. Çalışma kapsamındaki yapı modelleri Sta4Cad programı ile oluşturulmuştur. Elde edilen bulgular neticesinde, mimari kullanım alanları aynı kalmak üzere, plan düzleminde iki yöne ait boyutlar arasındaki fark arttıkça maliyetler artmıştır. Ayrıca yüksekliğin artması ile önce belirli bir kat adedine kadar azalan, daha sonra tekrar artış gösteren U şeklinde bir değişim eğrisi elde edilmiş ve böylece tünel kalıp projelerin belli bir yükseklikten sonra maliyet bakımından rasyonel olmadığı kanıtlanmıştır. Sonuç olarak; hem plan düzlemindeki boyutların hem de kat adetlerinin kontrollü olarak değişimlerinin yapı maliyetlerine etkisinin hangi mertebelerde olduğunu ortaya konarak tek yapı ölçeğinde, bölge planlaması aşamasında veya kentsel dönüşüm sırasında yeni yapılacak konutlar için tasarımcılara yarar sağlayabilecek yaklaşımlar elde edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Betonarme binalar; dörtgen plan; kat adedi; maliyet; tünel kalıp.

ABSTRACT

Residential building projects, which are one of the main study areas of architecture, have the largest share in the building sector. Demand of housing should be met in a most efficient way especially in our country where housing demand is huge. It is important to designate reasonable design alternatives at the early stages of design process, and this can only make it happen when the decisions are made in a rational way at the design stage. The aim of this study is to investigate the effect of the architectural design of the buildings having the same geometry according to Turkish standards and regulations on the building cost. For this purpose, six housing projects with rectangular shape in plane having various dimensions were designed. These projects produced with tunnel form technology had shear walls as a carrier system and they were examined for 9 different storey numbers. Static analyses of the building models were made with Sta4Cad. It is shown that as the difference between the two dimensions of the horizontal plane increases, the cost of the building also increases in condition that the usage spaces are kept constant. With the increase in height, a U-shape curve, which decreases first to a certain floor and then increases again, is obtained. It is also proved that the projects produced with tunnel form technology are not rational in terms of cost beyond a certain building height. In conclusion, by putting forward the effects of the controlled-variation of the plane dimensions and building heights on the cost of a single building, useful approaches for the designers working for regional planning or urban transformation projects are obtained.

Keywords: Reinforced concrete buildings; rectangular plane; number of storey; cost; tunnel form.

Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara

Başvuru tarihi: 26 Eylül 2016 - Kabul tarihi: 22 Haziran 2018

İletişim: Zeynep Yeşim İLERİSOY. e-posta: zyharmanakaya@gazi.edu.tr

© 2018 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - © 2018 Yıldız Technical University, Faculty of Architecture

Giriş

Yapı üretiminde temel hedeflerden biri sınırlı kaynakların en uygun biçimde dağılımını sağlamak ve ayrılan kaynaktan en etkin biçimde yararlanmaktır. Yapı üretimi sürecinde ihtiyaç-olanak dengesinin kurulmasında ve yapı gereksinimlerinin yeterli düzeyde karşılanmasında mimari tasarım en etkin yeri almaktadır. Mimari olarak ortaya çıkan ürün, yüksek maliyetli ve tek defaya öngü olması bakımından diğer sektörel ürünlerden farklılık göstermektedir. Maliyet hesaplamaları ise sektörde rol alan birçok kişi ya da kuruluş için büyük önem taşımaktadır.¹

Türkiye’de herhangi bir projenin yaklaşık olarak bina maliyet tahmini yapılması istendiğinde; yaygın olarak toplam bina inşaat alanı ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait yapı yaklaşık birim maliyetlerinin çarpılmasıyla elde edilen değerler kullanılmaktadır. Lakin bu yaklaşık hesap yönteminden çıkan sonuçlar, yapıların tasarımları sonucunda değişen fiziksel ve geometrik özellikleri konusunda hiçbir yaklaşımda bulunmamaktadır. Oysaki yapılan literatür araştırmaları kapsamında; Bostancıoğlu,² İbrahim,³ Ferry ve Brandon⁴ ile Belniak ve diğ.,⁵ mimari tasarım aşamasında alınan tasarım kararlarının bina maliyetini önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Maver⁶ ile Pena ve Marshall⁷ ise mimari tasarımı; fiziksel, estetik, fonksiyonel ve ekonomik değişkenlerin yer aldığı bir derleme-yanılma süreci olarak tanımlamışlardır. Mimari tasarımı; inşa edilecek yapının çeşitli özelliklerinin belirlendiği; yapının cinsine, büyüklüğüne, yapıldığı yere, yapı teknolojisine, kullanılan malzemeye, işçiliğine, kalitesine... vb. gibi bina maliyetini etkileyen bina özelliklerine ilişkin kararların verildiği evredir. Detaylı olarak incelemek gerekirse bu evrede bina düzeyinde plan şekli, bina büyüklüğü, kat yüksekliği, kat sayısı, sirkülasyon alanı, kat düzeni kararları ele alınırken bunu takip eden taşıyıcı sistem düzenlenmesinde yapı malzemesi, sistem türü, yapı elemanlarının biçimi, yapı elemanlarının boyutu ve uygulanacak yapı teknolojisi kararları verilmektedir. Bina maliyetinin etkileme şansının en yüksek olduğu bu evrede alınan kararlar; günün koşullarında doğru bilgilere dayandırılarak ve doğru yöntemler kullanılarak alınırsa tasarım başarısı artacak ve bina maliyetlerinin azaltılması söz konusu olacaktır.⁸ Bu çalışmanın amacı da mimari tasarım evresinde, binaların fiziksel ve geometrik özelliklerinden kaynaklanan maliyet değişimlerini incelemek olup araştırma inşaat sektörünü oluşturan yapılar içinde en büyük paya sahip olan konut projeleri üzerinden yapılmıştır.

Mimarinin önemli çalışma alanlarından olan konut üretiminde, günümüzde inşaat sektöründe endüstrilemiş yapı sistemlerinden olan tünel kalıp sistemler yaygın

şekilde kullanılmaktadır. Binaların fiziksel ve geometrik özellikleri ile maliyet arasındaki ilişkinin aydınlatılması için yapılan literatür araştırmasında; çalışmaların büyük çoğunluğunun taşıyıcı sistemleri konvansiyonel kalıp ile yapılmış betonarme ya da kompozit yapılar üzerinden yürütüldüğü görülmüştür. Halbuki, günümüzde konut ihtiyacının kapatılması için yoğun şekilde kullanılan tünel kalıp sistemlerine ait verilerin, özellikle tasarım evrelerinde maliyet ile olan ilişkisinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu noktada Çıracı⁹ ile Türkel ve Ergen¹⁰ araştırmalarında özel ve tüzel merciler tarafında tünel kalıp sistem ile yapılmış, farklı kat alanlarına ve yüksekliklerine sahip, uygulanmış konut projeleri ve maliyet değişimlerini incelemiştir. Bina tasarım özelliklerinin maliyetlerini etkilemeleri üzerine yapılan araştırmalarda ise iki temel yöntem izlendiği görülmektedir.¹¹ İlk yöntemde; farklı tasarım özelliklerine (ör. yükseklik, kat alanı, plan biçimi) sahip olan örnek binaların gerçek maliyet değerleri kullanılarak farklı tasarım alternatiflerine göre istatistiksel analizleri yapılmaktadır. İstatistiksel analizin geçerliliği için yeterli sayıda yapıya ait maliyet verisinin elde edilmesi gerekmektedir. Tünel kalıp sistemlere yönelik olan Çıracı¹² ile Türkel ve Ergen’in¹³ yaptığı çalışmalar bu yöntem ile gerçekleştirilmiştir. İkinci yöntemde ise incelenen bina tasarım özelliklerinde (ör. yükseklik, plan biçimi) kontrollü değişiklikler yapılarak bina tasarım modelleri oluşturulmakta sonrasında farklı tasarım alternatiflerinin maliyete etkileri analiz edilmektedir. Bu yöntemle ilgili karşılaşılan en önemli zorluk; mevcut binaların genel çizgisini temsil edecek tipik bina özelliklerinin yansıtılması ve buna bağlı olarak beraberinde uzun bir tasarım süreci gerektirmesidir.¹⁴ Ancak ikinci yöntem dâhilinde tünel kalıp projeleri ele alınan bir çalışmaya rastlanılmamış olup, bu çalışmada ikinci yöntem izlenmiştir. Yazarlar tarafından betonarmeleri tünel kalıp sistemiyle tasarlanmış, sadece belirlenen tasarım değişkenleri farklılaşan konut projelerinden kapsamlı bir araştırma grubu oluşturulmuştur.

Literatür incelemeleri sonucunda toplam maliyeti etkileyen en önemli tasarım değişkenleri; yapının plan şekli, karmaşıklığı, kat sayısı, kat yüksekliği ve yapının servis gereklilikleri şeklindeki bir sıralama ile elde edilmektedir.¹⁵ Bu çalışmada ise bahsedilen sıralamada önemli yer tutan bina kat adetleri ve plan düzlemindeki boyut farklılıkları ana değişkenler olarak ele alınmıştır. Çalışmanın ana değişkenlerinden bina kat adetleri ile maliyet değişimine yönelik çalışmalarda; Ferry ve Brandon¹⁶ ile Tregenza¹⁷ kat adedinin artmasıyla birlikte birim maliyetin artacağını; Newton,¹⁸ Çıracı,¹⁹ Harmankaya ve Tuna,²⁰ Türkel ve Ergen²¹ ise kat

¹ Bostancıoğlu, 1999, s. 171.

² Bostancıoğlu, 2006, s. 28.

³ İbrahim, 2007, s. 25.

⁴ Ferry ve Brandon, 2007, s. 182.

⁵ Belniak ve diğ., 2013, s. 90.

⁶ Maver, 1970, s. 199.

⁷ Pena ve Parshell, 2001, s. 14.

⁸ Bostancıoğlu, 2006, s. 28.

⁹ Çıracı, 1996, s. 39.

¹⁰ Türkel ve Ergen, 2016, s. 418.

¹¹ Warszawski, 2003, s. 422.

¹² Çıracı, 1996, s. 153.

¹³ Türkel ve Ergen, 2016, s. 420.

¹⁴ Warszawski, 2003, s. 423.

¹⁵ Safiki ve ark., 2015, s. 55.

¹⁶ Ferry ve Brandon, 2007, s. 182.

¹⁷ Tregenza, 1972, s. 1031.

¹⁸ Newton, 1982, s. 192.

¹⁹ Çıracı, 1996, s. 132.

²⁰ Harmankaya ve Tuna, 2011, s. 430.

²¹ Türkel ve Ergen, 2016, s. 421.

adedinin artması ile birim maliyetin önce azalıp sonra tekrar artacağı yani U-şeklinde bir ilişkinin olduğunu söylemişlerdir. Diğer ana değişken olan plan düzlemindeki boyutlara yönelik yapılan literatür araştırmasında ise; İbrahim²² yapının plandaki şekli ile bu şeklin karmaşıklığının ve narinliğinin, maliyetleri önemli ölçüde artırdığını belirtmiştir. Bostancıoğlu,²³ plan şekli kare ve dikdörtgenden farklılaşıkça, taşıyıcı sistemin karmaşıklaştığını ve buna bağlı olarak maliyetin de artacağını ifade etmiştir. Basit plan şekline sahip binaların maliyetlerinin daha düşük olacağı birçok çalışma tarafından öngörülmektedir.^{24,25,26} Bununla birlikte Ashworth²⁷ tasarım sırasında genellikle binanın kullanım amacı, binanın yapılacağı arazinin koşulları doğrultusunda plan şekli belirlenirken tam bir özgürlüğün olmadığını; plan kararlarının maliyet açısından en uygun şekilde dengelenmesi gerektiğini belirtmiştir.

Tünel kalıp uygulamalarında en çok karşılaştığımız geometrik asal formlar dörtgenler olmuş, bina şekline yön veren bu dörtgen formlar arasında farklı oranlar kullanılmıştır. Tüm literatür araştırmaları ışığında, çalışma kapsamında tünel kalıp sistemlerle tasarlanmış basit plan şekline sahip binaların maliyetlerinin hangi mertebelerde değiştiğinin ortaya konulması amacıyla plan düzlemindeki boyut farklılıkları ele alınmıştır. Aynı kat taban alanına ve mimari çözümlere sahip olan kare ve dikdörtgen olan iki asal form arasındaki kademeli geçiş ile plan şeklinin maliyet üzerindeki etkisi hassas bir ölçekte incelenmiş, farklı kat adetleri de bu ölçekte kıyaslamaya katılmıştır.

Kullanılan tasarımlar çalışmanın bağlı şartı olarak ele alınmış, temel amaç kıyaslama yapılırken benzer mimari-deki konut projeleri ile sağlıklı değerlendirme imkânı oluşturmaktır. Burada önemli olan nokta, çalışmanın gerçekçiliğini koruma amaçlı olarak projelerin konut standartlarına uygun oluşturulması, mimari işleyişlerinin, konutların net kullanım alanlarının, bina taban alanlarının mümkün olduğunca sabit tutulmasıdır. Tüm projeler aynı işleyiş şemaları ile mimari olarak anlamlı ve kullanılabilir mekânlar içeren, günümüzde kullanılagelen standartlarda her katta iki daire olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu çalışmada tek yapı ölçeğinden, kentsel dokuların oluşumuna kadar birçok kapsamda uygulanan dörtgen planlı tünel kalıp konut tasarımlarında minimum maliyet ile üretime ışık tutmak amaçlı olarak farklı oranlardaki boyutların ve yüksekliklerin ekonomik başarılarının irdelenmesi hedeflenmiştir.

Yöntem

Mimari tasarım aşamasında alınan tasarım kararlarının bina maliyetlerine etkisi üzerine yapılan çalışmada, incelenmesi planlanan bina tasarım özellikleri değiştirilerek ya-

zar tarafından bir araştırma grubu oluşturulmuştur. Ancak maliyeti etkileyen değişkenlerin fazla çeşitlilik göstermelerinden dolayı mevcut çalışma kapsamına sınırlandırmalar getirilmiştir. Öncelikle çalışmada tasarımcının müdahale edemediği, bölgeye ve yerleşim yerine bağımlı faktörler; iklimsel koşullar, bölgesel koşullar, arsa özellikleri, imar koşulları, çeşitli yasalar kapsam dışı bırakılmış ve incelenecek tüm projelerde bahsedilen faktörlerin aynı olduğu kabul edilmiştir. Bu doğrultuda başarılı bir maliyet kıyaslaması için tüm formlarda kullanım alanlarının aynı olması istenmiş, bu nedenle konut birimlerinin metrekarelerinin sabit tutulmasına, birbirine denk yer ve sayılardaki mahal metrekarelerinde büyük farklılıklar oluşmamasına dikkat edilmiştir. Çalışma kapsamında analiz edilen tüm projeler günümüzde kullanılagelen standartlarda katta iki dairesi olan ve yaklaşık 400-407 m² kat taban alanına sahip olarak tasarlanmıştır. 20 m×20 m boyutunda kare olan bir konut tasarımı mimari kullanımın izin verdiği sınırlar çerçevesinde altı adımda 10 m × 40 m boyutunda dikdörtgen forma dönüştürülmüştür (Şekil 1). Bu süreçte formların bir yöndeki boyutu ikişer metre farka sahip olup diğer yöndeki boyutları dairelerin metrekarelerini değiştirmeyecek uzunlukta ayarlanmıştır. Projeler isimlendirilirken planların boyutları arasındaki oranlar kullanılmıştır (Şekil 1).

Çalışmada her form için kat adetleri artırılarak dokuz farklı yükseklikte modeller hazırlanmıştır. Yapımları günümüzde yaygın olarak gerçekleştirilmekte olan tünel kalıp sistemleri ile kat adetleri artırıldığında gerek mimari gerek statik açıdan büyük farklılıklar oluşmaması sağlanmıştır. Perde elemanlar minimum şartlarda modellenmiş, yetersiz olduğu yerlerde müdahaleler yapılarak kalınlıkları artırılmıştır. Taşıyıcı sistemin tünel kalıp ile uygulanan perdeli sistem olması sebebiyle yetersiz elemanlarda tek tek boyut değiştirilmesi olanaklı olmamaktadır. Bu nedenle gerekli durumlarda perde duvar kalınlıkları, tünel kalıbın uygulanabilirliği göz önüne alınarak 5 cm ve katları olarak artırılmıştır (Tablo 1). Bu süreçte, formların farklı yüksekliklerde ekonomik olarak en uygun modellenebileceği perde kalınlıkları elde edilmiştir.

Tasarım, analiz ve maliyet hesap süreçlerinde aynı koşullar ve kısıtlamalar altında ele alınan konut projelerinin maliyet kıyaslamalarında, birim maliyetlerinin karşılaştırılması; yatırımcılara binaların nasıl daha ekonomik gerçekleştirileceğini, hangi faktörlerin değişimi ile maliyetin ne oranda artıp azaldığını gösterecektir. Çalışma kapsamında yapılacak birim maliyet kıyaslamaları, konutların çözümleri ve metrekareleri aynı olduğundan dolayı daire sayısı üzerinden yapılmıştır. Konut olarak kullanılacak daire sayıları hesaplanırken projelere ait mimari zorunluluklar göz önünde tutulmuş, bina yüksekliğinin artması ile bodrum katlar ve tesisat katları değiştirilmiştir.²⁸ Oluşan değişiklikler so-

²² İbrahim, 2007, s. 30.

²⁵ Wing, 1999, s. 481.

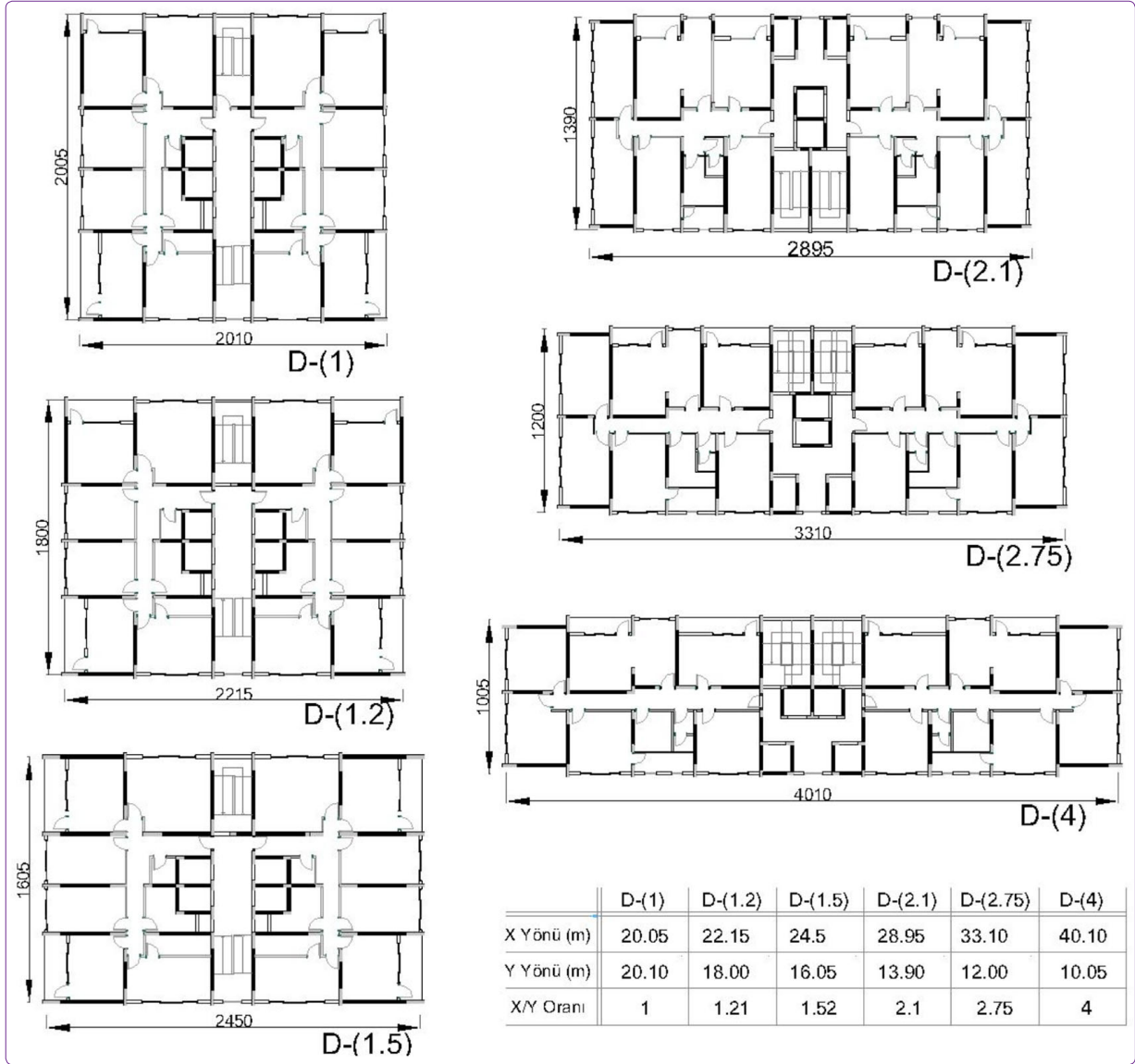
²³ Bostancıoğlu, 1999, s. 126.

²⁶ Ashworth, 2004, s. 129.

²⁴ Seeley, 1996, s. 19.

²⁷ Ashworth, 2004, s. 82.

²⁸ Küçükçalı, 2007, s. 65.



Şekil 1. İncelenen konutların kat planları ve plan düzlemine ait boyut tablosu.

Tablo 1. Kat adetlerine göre modellerin değişen özellikleri

	Kat adedi								
	6 katlı	12 katlı	15 katlı	18 katlı	24 katlı	30 katlı	36 katlı	42 katlı	48 katlı
Yapı yüksekliği (m)	16,80	33,60	42,00	50,40	67,20	84,00	100,80	117,60	134,40
Perde kalınlığı	15	20	20	20	20	20	25		
Bodrum kat adedi	1	1	1	2	2	3	3	4	4
Normal kat adedi	5	11	14	16	22	27	33	38	44
Toplam daire sayısı	10	22	28	32	44	54	66	76	88
Tesisat zonlaması ve tesisat dairesi adedi	-	-	-	-	1 kat	1 kat	2 kat	2 kat	3 kat
					1 daire	1daire	2 daire	2 daire	3 daire
Konut birimi olacak daire sayısı	10	22	28	32	43	53	64	74	85
Temel türü	Radye temel	Radye temel	Radye temel	Radye temel	Kazıklı Radye temel	Kazıklı Radye temel	Kazıklı Radye temel	Kazıklı Radye temel	Kazıklı Radye temel

nucunda konut olarak kullanılacak daire sayıları farklılaşmıştır (Tablo 1). Ayrıca yapıların kat adedi arttıkça yapıların toplam ağırlığı, dolayısıyla taşınması gereken ve temele aktarılan yük miktarı da arttığı için²⁹ çalışma kapsamındaki modellerde temel sistemlerinin kapasiteleri ve gelen yüklerle göre temel türleri de değişmektedir ve bu değişimler maliyet hesaplamalarında göz önünde tutulmuştur (Tablo 1).

Çalışmada analiz sürecinde statik analiz olarak performans analizi; betonarme tasarımı olarak da taşıma gücü yöntemi seçilmiştir. Dinamik analiz konusunda ise Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'ye göre hareket edilmiştir. Araştırmadaki modellerin %78'i 40 metrenin üstünde olduğu için ve tüm modellerde aynı hesap yöntemi uygulanmak istenmesi nedeniyle modellerde sistemlere etki eden yatay yüklerin hesabı mevcut Türk deprem yönetmeliğinde verilen *Mod Birleştirme Yöntemi*'ne göre yapılmıştır.³⁰

Çalışma kapsamındaki analiz sonuçları özel amaçlı yapısal analiz yapan paket programlardan olan Sta4-Cad programı ile elde edilmiş olup Sta4-Cad programı; çok katlı betonarme yapıların statik, deprem, rüzgar ve betonarme analizini entegre olarak yapan bir paket programdır. Statik ve betonarme analizleri, güncel standart ve yönetmelikleri esas alacak şekilde yapabilmekte olan program çok katlı betonarme yapılarda da kullanılabilir. Sta4-Cad programı yapının ağırlık merkezine göre serbestlik dereceleri tanımlayarak modal analiz yapmaktadır. Ayrıca yapının her katına ait rijitlik ve ağırlık merkezlerini hesaplayıp; bu iki nokta arasında fark bulunuyor ise bu farkı ek moment olarak ağırlık merkezine etki ettirmektedir. Bu şekilde yapıların gerçekçi bir şekilde analizi etkin kılınmaktadır.

Çalışmada dinamik yüklerin etkilerini azaltmak ve sadece belirlenen plan düzleminde boyut ve bina kat adedi değişkenlerinin etkilerini görmek için yapıların Ankara'da yani 4. derece deprem bölgesinde yapıldığı varsayılmıştır. Bu doğrultuda deprem bölge katsayısı (A_0) 0,1; zemin etüd raporlarına göre karar verilen zemin türü ve spektrum karakteristik periyodu (T_A/T_B) parametrelerinde ise zemin türü Z2, spektrum karakteristik periyodu 0,15/0,4 kabulü yapılarak belirlenmiştir.³¹ Gerekli olan diğer parametreler incelendiğinde ise; Yapı davranış katsayısı, R: 6 (perdeli yapı), Yapı önem katsayısı, I: 1 (konut yapısı), Hareketli yük katsayısı, n: 0,3 (konut), Hareketli yük azaltma katsayısı, C_z :1, Model analiz min. yük oranı, B: 0,9 (düzensiz yapı), Zemin yatak katsayısı, K_0 : 3000 t/m³, Zemin emniyet gerilmesi, σ : 25 t/m², Deprem yükü eksantirisitesi: 0,05 değerleri kabul edilmiştir.³² Ayrıca modellemeler sırasında zemin pa-

rametreleri olarak orta-sıkı kum niteliğindeki zemin özellikleri olarak kabul edilmiş, zeminde sıvılaşma riski bulunmadığı³³ ve yer altı suyu seviyesinin, temel sisteminin altında olacağı varsayılmıştır.

Kat adedi artan yapılarda C30'un altında beton sınıflarının kullanımının uygun olmadığından ve üretim imkânları doğrultusunda çalışmanın gerçekçi olabilmesi ve geçerliliğinin artması için C30 beton tercih edilmiştir.³⁴ Betonarme tasarım sırasında donatı seçimlerinde ise yapılan perdeli yapıların döşemelerinde ve perde gövdelerinde Q tipi hasır çelik donatı kullanılmış, çubuk demir donatıları içinse $\emptyset 6$, $\emptyset 28$ ve $\emptyset 30$ düz nervürlü demir donatı kullanılmamıştır.³⁵

Tüm projelerin, özetlenen parametreler doğrultusunda hem statik analizleri hem de betonarme tasarımları yapılmış; çözümü tamamlanan projelerin taşıyıcı sistemine ait kaba yapı maliyetleri esas alınmıştır. Kullanılacak tesisat malzemeleri, renkler, dokular kapsamında tercihlere bağlı olan ince yapı maliyetleri büyük değişkenlikler gösterebileceği için kapsam dışında bırakılmıştır. Oluşturulan uygulama projeleri üzerinden öncelikle üst yapı ve temel uygulamalarında kullanılan taşıyıcı elemanlarının (perde duvarlar, döşemeler, kirişler) kalıp, demir ve beton metrajları çıkarılmış, ardından Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na belirlenen 2013 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları³⁶ kullanılarak taşıyıcı sistem maliyetleri hesaplanmıştır. Sonrasında yapı formlarının değişiminden kaynaklı farklılık gösteren cephe alanının maliyete etkisini irdelemek amacıyla dış duvarlar ve cephe yalıtımına ait metrajlar da yapılmış, literatürde ikinci yapı maliyetleri olarak ele alınan duvar ve yalıtım maliyetleri taşıyıcı sistem maliyetlerine eklenerek toplam bina maliyetleri elde edilmiştir.

Bulguların Değerlendirilmesi

Aynı kat taban alanlarına sahip dikdörtgen formdaki konut projelerinde belirlenen kriterler doğrultusunda statik, dinamik, betonarme analizleri tamamlanan 54 modelin kıyaslamaları yapılırken tasarımcılara yarar sağlayabilecek yaklaşımlar ortaya konmaya çalışılmıştır. Öncelikle tüm modellerin toplam taşıyıcı sistem maliyetleri Şekil 2'de verilmiştir.

Verilen grafik üzerinde hem kat adedinin hem de dikdörtgen formlar arasında boyutların değişimi sebebiyle oluşan maliyet farklılaşması okunabilmektedir. Görüldüğü üzere kat adedi ve dikdörtgen formun iki boyutunun birbirine oranı arttıkça yapıya ait taşıyıcı sistem maliyetleri de artmaktadır. Değişkenler etkisi altında maliyetin hangi oranda arttığının doğru şekilde gözlemlenebilmesi için ise birim maliyetlerin kıyaslanması yöntemi uygulanmıştır. Bu

²⁹ İlerisoy ve Tuna, 2013, s. 135.

³⁰ Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik.

³¹ Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik.

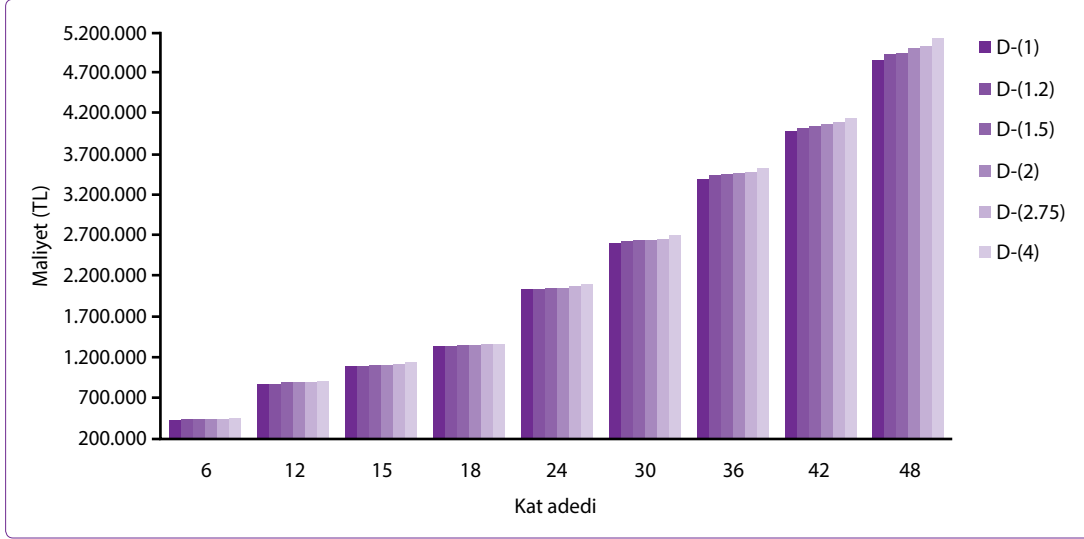
³² Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik.

³³ Bowles, 1996, s. 166.

³⁴ <http://www.thbb.org/teknik-bilgiler/raporlar/van-deprem-raporu/>

³⁵ TS500 – Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları.

³⁶ 2013 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları.

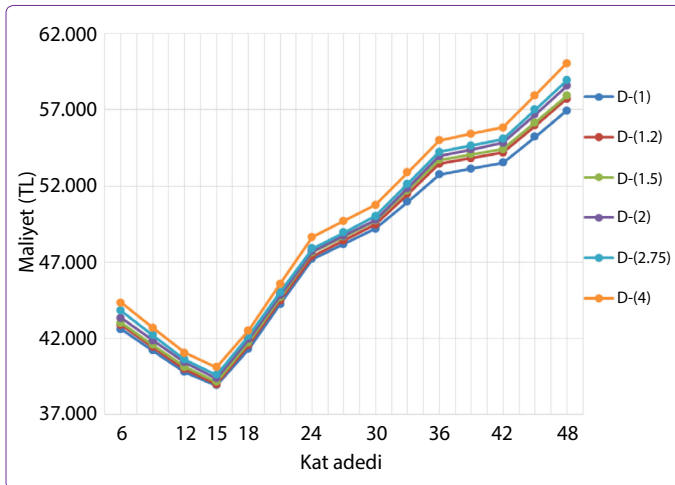


Şekil 2. Dikdörtgen formların farklı kat adetlerindeki taşıyıcı sistem maliyetleri.

doğrultuda taşıyıcı sistem maliyet ve toplam bina maliyet değerleri aynı metrekareye sahip daire sayısına bölünerek daire başına düşen maliyetler elde edilmiş ve Türk Lirası karşılığı Tablo 2’de verilmiştir.

Bu veriler ışığında her modelin artan yüksekliklerdeki daire başına düşen taşıyıcı sistem maliyetlerinin değişim eğrisi oluşturulmuştur (Şekil 3). Verilen grafikten anlaşılacağı üzere tüm dikdörtgen formlar için yaklaşık olarak benzer bir eğri yakalanmıştır.

Elde edilen eğri ışığında ilk olarak bina yüksekliğinin dikdörtgenler üzerindeki etkisinden bahsetmek gerekirse; çalışma kapsamındaki dokuz farklı kat adedine sahip projelerde ilk yükseklik aralığında azalma eğiliminde olan eğri, en uygun maliyete ancak 15 katta ulaşmış ve sonrasında tekrar yükselmeye başlamıştır. Yapılan çalışma ile elde edilen, birim maliyetin önce azalıp sonra tekrar artacağını yani U-şeklinde bir ilişkinin olduğunu ortaya koyan bu



Şekil 3. Dikdörtgen formların daire başına düşen taşıyıcı sistem maliyetlerinin kat adedine göre değişim eğrisi.

veri, literatür araştırmasından elde edilenler ile paralellik göstermektedir.^{37,38,39,40} Ayrıca 15 katlı en optimum değer veren yüksekliği 12 katlı takip ettiği ve ardından 18 katlı yapıların geldiği ancak 6 katlı yapının daire başına düşen maliyetinin bu yüksekliklerdeki yapılardan fazla olduğu da gözlemlenmiştir.

Yükseklik değişimiyle elde edilen artış miktarlarının sayısal olarak incelenmesi için ise; her form özelinde en uygun maliyeti veren 15 katlı yapıların daire başına maliyetleri referans alınarak, 100 birim kabul edilmiştir. Diğer modellerin maliyetleri de buna bağlı şekilde hesaplanarak Tablo 3’de verilmiştir.

15 katlı yapı ile 48 katlı yapı arasında daire başına düşen maliyetlerde 48 katlı yapı tercih edildiğinde D-(1) formunda %46,26, D-(4) formunda ise %49,63 oranında artış göstermektedir. Diğer kat adetlerine göre en az perde kalınlığı olan 15 cm ile çözümlenmesine rağmen yüksek maliyetli çıkan 6 katlı yapı bile 15 katlı yapıya oranla ortalama %10 fazla maliyet gerektirmiştir.

Bina yüksekliğinin etkisi konusunda bir başka önemli nokta ise; 12 katlı, 15 katlı, 18 katlı ve 24 katlı modeller aynı perde kalınlığına sahip aynı plan şemaları ile çözülmüş olmalarına rağmen 18 kattan 24 kata geçişteki daire başına düşen maliyetlerde dikkat çekici bir artış bulunmasıdır. Yapılarda kat sayısı arttıkça yapının toplam ağırlığı, dolayısıyla taşınması gereken ve temele aktarılan yük miktarı artmaktadır ve bu artışın temel çözümlerinin değişiminden yani kazıklı radye temel uygulamasından kaynaklandığı ortadadır. Kat adedinin artması ve strüktürel eleman boyutlarının büyümesi ile yapı ağırlığı fazlasıyla artmakta, böylece zemin emniyet gerilmesine bağlı olarak temel çözümleri de fark-

³⁷ Newton, 1982, s. 192.

³⁸ Çıracı, 1996, s. 132.

³⁹ Harmankaya ve Tuna, 2011, s. 430.

⁴⁰ Türkel ve Ergen, 2016, s. 421.

Tablo 2. Daire başına düşen taşıyıcı sistem maliyetleri ve toplam bina maliyetleri (TL)

		D-(1)	D-(1.2)	D-(1.5)	D-(2)	D-(2.75)	D-(4)
6 katlı	Taşıyıcı sis.	42 615	42 893	43 024	43 337	43 822	44 351
	Top. bina	48 213	48 627	48 915	49 581	50 259	51 723
12 katlı	Taşıyıcı sis.	39 805	39 983	40 135	40 444	40 618	41 065
	Top. bina	45 240	45 565	45 758	46 420	46 900	48 113
15 katlı	Taşıyıcı sis.	38 934	39 007	39 148	39 376	39 620	40 130
	Top. bina	44 273	44 490	44 670	45 245	45 790	47 051
18 katlı	Taşıyıcı sis.	41 305	41 560	41 748	41 939	42 172	42 513
	Top. bina	46 911	47 317	47 546	48 101	48 651	49 781
24 katlı	Taşıyıcı sis.	47 214	47 398	47 636	47 710	47 892	48 651
	Top. bina	52 776	53 110	53 389	53 825	54 320	55 863
30 katlı	Taşıyıcı sis.	49 192	49 472	49 719	49 768	50 025	50 764
	Top. bina	54 832	55 265	55 554	55 969	56 544	58 078
36 katlı	Taşıyıcı sis.	52 743	53 459	53 716	53 966	54 229	54 994
	Top. bina	58 394	59 225	59 546	60 181	60 762	62 326
42 katlı	Taşıyıcı sis.	53 518	54 193	54 415	54 838	55 088	55 844
	Top. bina	59 088	59 878	60 164	60 953	61 520	63 068
48 katlı	Taşıyıcı sis.	56 944	57 712	57 918	58 550	58 938	60 046
	Top. bina	62 514	63 403	63 705	64 706	65 408	67 310

Tablo 3. Daire başına düşen taşıyıcı sistem maliyetlerinin 15 katlı modellere oranla değişimleri

	D-(1)	D-(1.2)	D-(1.5)	D-(2)	D-(2.75)	D-(4)
6 katlı	109,45br	109,96br	109,90br	110,06br	110,60br	110,52br
12 katlı	102,24br	102,50br	102,52br	102,71br	102,52br	102,33br
15 katlı	100br	100br	100br	100br	100br	100br
18 katlı	106,09br	106,54br	106,64br	106,51br	106,44br	105,94br
24 katlı	121,27br	121,51br	121,68br	121,17br	120,88br	121,23br
30 katlı	126,35br	126,83br	127,00br	126,39br	126,26br	126,50br
36 katlı	135,47br	137,05br	137,21br	137,05br	136,87br	137,04br
42 katlı	137,46br	138,93br	139,00br	139,27br	139,04br	139,16br
48 katlı	146,26br	147,95br	147,95br	148,70br	148,76br	149,63br

lılaşmaktadır. Örneğin 6 katlı, 12 katlı, 15 katlı ve 18 katlı projelerde radye temel yeterli durumdayken 24 kat ve üstü projelerde maliyeti fazla olan kazıklı radye temel sistemleri uygulanmıştır. Kat adedi artan yapılar için zemin emniyet gerilmesinin etkisi daha da önemli hale gelmektedir. Çalışmadaki seçilen zemin parametreleri ortalama bir zemin türü olmakla birlikte daha elverişsiz zeminlerde temel uygulamasının getireceği ek maliyetler daha da artacaktır.⁴¹

36 kata geçiş ve 36 kat üstündeki modellerde ise maliyet artışlarının fazlaşmasında yapı yüksekliğinin getirdiği zorlanmalar öne çıkmaktadır. Ferry ve Brandon⁴² yüksek katlı yapılarda kat adedinin artmasıyla yapı maliyetinin artmasını temel olarak; alt katların üst katlara ait yükleri temele

aktarıırken ciddi şekilde zorlanmasına ve rüzgâr-deprem gibi yüklerinin yükseklik arttıkça birinci temel faktör olarak yapıyı etkilemesiyle yapıların büyük yanal yüklerle maruz kalmasına dayandırmıştır. Bu durumda taşıyıcı elemanların kapasiteleri önem kazanmakta, bu kapasiteler gerek boyut değişikliği, gerek donatı yerleşimleri ile arttırılmakta ya da yeni elemanlar ile sistem güçlendirilmektedir. Bu bilgiler ışığında çalışmada kat adedinin artması sebebiyle perde kalınlıkları yeterli olmamış, perde kalınlıkları arttırılmış ve bu da maliyetlerde artışa sebep olmuştur. Ayrıca kat adetleri arttıkça yapıların narinlik oranları da ciddi şekilde artmakta ve yapıların narinlik etkisiyle yatay yükler altında daha fazla zorlandıkları görülmektedir. Yapıda yüksekliğin taban boyutuna oranı arttıkça yüksek katlı yapılarda devirme momenti önem kazanmakta, bu durum yapı eleman-

⁴¹ İlerisoy ve Tuna, 2013, s. 140.⁴² Ferry ve Brandon, 2007, s. 182.

Tablo 4. Daire başına düşen taşıyıcı sistem maliyetlerinin D-(1) formuna oranla değişimleri

	D-(1)	D-(1.2)	D-(1.5)	D-(2)	D-(2.75)	D-(4)
6 katlı	100br	100,65br	100,96br	101,70br	102,83br	104,07br
12 katlı	100br	100,45br	100,83br	101,61br	102,04br	103,17br
15 katlı	100br	100,19br	100,55br	101,13br	101,76br	103,07br
18 katlı	100br	100,62br	101,07br	101,53br	102,10br	102,93br
24 katlı	100br	100,39br	100,89br	101,05br	101,43br	103,04br
30 katlı	100br	100,57br	101,07br	101,17br	101,69br	103,20br
36 katlı	100br	101,36br	101,85br	102,32br	102,82br	104,27br
42 katlı	100br	101,26br	101,68br	102,47br	102,93br	104,35br
48 katlı	100br	101,35br	101,71br	102,82br	103,50br	105,45br

Tablo 5. Yaklaşık 1530 konutluk bir yerleşimin farklı boyutlardaki dikdörtgen formlar ile yapım maliyetleri (TL)

	D-(1)	D-(1.2)	D-(1.5)	D-(2)	D-(2.75)	D-(4)
6 Katlı 153 blok	65 201 082	65 626 125	65 827 410	66 306 267	67 046 900	67 857 182
12 Katlı 70 blok	61 299 149	61 574 374	61 808 555	62 283 941	62 551 546	63 240 029
15 Katlı 55 blok	59 958 551	60 071 454	60 287 566	60 638 842	61 015 292	61 799 472
18 Katlı 48 blok	63 444 707	63 836 395	64 124 856	64 417 788	64 776 959	65 300 577
24 Katlı 36 blok	73 087 453	73 371 855	73 741 130	73 855 799	74 136 152	75 311 626
30 Katlı 29 blok	75 607 337	76 038 374	76 418 746	76 493 868	76 888 192	78 024 912
36 Katlı 24 blok	81 012 554	82 112 734	82 507 300	82 891 684	83 295 238	84 470 899
42 Katlı 21 blok	83 167 314	84 216 380	84 561 198	85 217 659	85 606 300	86 781 842
48 Katlı 18 blok	87 123 742	88 299 852	88 614 810	89 581 824	90 175 158	91 869 986

larının boyutlandırması ve donatlandırılmasında kendini göstermektedir. Katta iki daire bulunan konutlarda narinlik durumu özellikle 36 kat ve üstündeki projeler için daire başına düşen maliyetlerde artışlara sebep olmaktadır. Ayrıca çalışma kapsamında kat sayısı arttıkça bodrum katlar, tesisat daireleri ve servis elemanları da değişmektedir (Tablo 1). Bu mimari zorunluluklara ait kısıtlamalar, konut birimi sayısını etkilemekte ve dolayısıyla daire başına düşen maliyetlerde kendini göstermektedir. Örneğin 48 katlı yapılarda dört adet bodrum kat, 3 adet de tesisat daireleri vardır. Dolayısıyla yüksek katlılarda bodrum, servis ve tesisat alanlarının fazlalığı artı maliyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum önceki çalışmalarda ele alınmış ve yüksek katlı yapılarda yapı maliyetinin artmasının temel nedenlerinden biri olarak gösterilmiştir.^{43,44}

Tüm maliyet değerleri ışığında diğer değişken olan plan düzlemindeki basit boyut farklılıklarının maliyet üzerindeki etkisini incelemek gerekirse de; çalışma kapsamında plan düzleminde altı farklı orana sahip projeden daire başına düşen maliyetler bakımından en uygun maliyetlerin iki boyutunun oranı 1 olan kare formda sağlanabildiği gözlen-

miştir. Kare formdan iki boyutunun oranı 4 olan dörtgen forma geçişin sağlandığı dörtgen formlarda boyut farklılaşmasının maliyete etkisini görmek için ise, en uygun maliyeti veren D-(1) formunun daire başına düşen maliyetleri r düşen maliyetleri referans alınıp 100 birim kabul edilmiş ve diğer formlardaki artışlar Tablo 4'te verilmiştir.

Bu değerlendirmeden aynı kat adedine sahip modeller arasında, formların plan düzlemindeki boyut farklılaşmasından dolayı daire başına maliyetlerde %0,19 ~ 5,45 aralığında maliyet artışları gözlenmiştir. Tek daire olarak uygulamalara bakıldığında maliyetlerdeki farklar az olarak düşünülse de ölçek büyütüldüğünde, yani bir toplu konut yerleşimi ele alındığında her daire başındaki bu fark önemli boyutlara gelmektedir. Çalışma kapsamında zamanla yaygınlaşan büyük siteler, toplu konut yerleşimleri gibi uygulamaların üretiminde bütçenin doğru kullanımına ışık tutmak amacıyla, yaklaşık 1530 konutluk bir yerleşimin farklı boyutlardaki dikdörtgen formlar ile yapımı ele alınıp, ekonomik açıdan kıyaslaması yapılmıştır (Tablo 5).

15 katlı 55 blok ile uygulanan yerleşkede yapı formu kararı sırasında kare form tercih edildiğinde; boyutları arasında 4 oranı olan dörtgen formun uygulanmasına kıyasla elde edilen kazanç miktarı, daire sayısı üzerinden ifade

⁴³ Ferry ve Brandon, 2007, s. 182.

⁴⁴ Harmankaya ve Tuna, 2011, s. 431.

Tablo 6. Cephe elemanlarının eklenmesiyle hesaplanan daire başına düşen toplam bina maliyetlerinin D-(1) formuna oranla değişimleri

	D-(1)	D-(1.2)	D-(1.5)	D-(2)	D-(2.75)	D-(4)
6 katlı	100br	100,86br	101,46br	102,84br	104,24br	107,28br
12 katlı	100br	100,72br	101,14br	102,61br	103,67br	106,35br
15 katlı	100br	100,49br	100,90br	102,20br	103,43br	106,28br
18 katlı	100br	100,87br	101,35br	102,54br	103,71br	106,12br
24 katlı	100br	100,63br	101,16br	101,99br	102,93br	105,85br
30 katlı	100br	100,79br	101,32br	102,07br	103,12br	105,92br
36 katlı	100br	101,42br	101,97br	103,06br	104,06br	106,73br
42 katlı	100br	101,34br	101,82br	103,16br	104,12br	106,74br
48 katlı	100br	101,42br	101,91br	103,51br	104,63br	107,67br

edildiğinde 48 adet kare forma ait birim daire maliyetine denk gelmektedir. Aynı kıyaslama 48 katlı 18 blok ile yapılacak olursa da, kare formu uygulandığında elde edilen kazanç yaklaşık olarak 1 adet 48 katlı blok uygulamasının maliyetine denk gelmektedir.

Plan düzlemindeki basit boyut farklılıklarının incelenmesi sürecinde; kaba inşaat kalemleri ile yapılan taşıyıcı sistem maliyet kıyaslamalarına ek olarak ikincil yapı maliyetleri kapsamında dış duvarlar ve cephe yalıtımı maliyetleri de hesaba katılmış ve toplam bina maliyetleri üzerinden kıyaslama yapılmıştır. Öncelikle plan düzlemindeki boyutlardan kaynaklı maliyetlerin birim daire maliyetine etkisi üzerinde cephe maliyetleri eklendiğinde en optimum sonuçları veren 15 katta daire başına düşen maliyetler; D-(1) formu yaklaşık olarak %14'lik, D-(4) formunu ise % 17'lik bir artışa uğramıştır (Tablo 2). Dış duvarlar ve cephe yalıtımı maliyetlerinin eklenmesi ile kıyaslama yapmak amaçlı elde edilen karşılaştırmalı değerler ise Tablo 6'da gösterilmiştir.

Formlar arasında en uygun sonucu veren D-(1) formu yine 100 birim şeklinde referans kabul edilerek oluşturulan hesaplamalar incelendiğinde, daire başına düşen toplam maliyet farklarına yönelik aralık % 0,49 ile %7,67 şeklinde artarak değişiklik göstermiştir. En optimum sonuçları veren 15 katta D-(1) formu ile D-(4) formu arasındaki fark % 3,07 iken boyutları farklı dörtgenlerde cephe alanının maliyete etkisi ile bu fark % 6,28'e çıkmıştır. Aynı etkiyi 6 kattan 48 kata kadar bütün yükseklik gruplarında görmekle beraber, her form geçişinde cephe alanının artması sebebiyle yüzdesel farklardaki artış göze çarpmaktadır (Tablo 2). İkincil yapı maliyetleri sınıfında değerlendirilen cephe maliyetlerinin katkısıyla elde edilen verilerden anlaşılacağı üzere cephe alanının oturma alanına oranı arttıkça yapı maliyetlerinin artış eğilimi gösterdiği, D-(1) ve D-(4) formları arasında bu oranın ana yapısal maliyetlerine ek olarak % 2,39 ~ 3,21 mertebelerinde bir artışa sebep olduğu görülmektedir.

Sonuçlar

Çalışma kapsamında bir yöndeki boyutları ikişer metre farka sahip ve diğer yönde yapıların metrekarelerini değiştirmeyecek uzunlukta olan dikdörtgenlerden oluşan bir araştırma grubu oluşturulmuş, bu araştırma grubunda tünel kalıp ile uygulanan betonarme perde duvar taşıyıcı sistemli altı adet konut projesi tasarlanmıştır. Plan düzlemindeki farklılaşan boyutlar gibi, bina kat adetleri de bir değişken olarak ele alınmış, mimari projelerin kat adetleri 6 kattan 48 kata kadar, dokuz farklı kat adedinde oluşturulmuştur. Elde edilen 54 adet konut projesi bilgisayar ortamında modellenmiş, analiz sonuçları özel amaçlı yapısal analiz yapan paket programlardan olan Sta4-Cad programı ile elde edilmiştir. Aynı dörtgen geometride üç boyutu değişen projelerin daire başına düşen maliyetleri birbirleri ile kıyaslanarak da plan düzleminde boyutlar, bina yüksekliği ve maliyet ilişkisi net bir şekilde gözlenmiştir.

Basit dörtgenlerde plan düzleminde boyut değişikliğinin maliyete etkisi incelendiğinde en uygun maliyetli formun plan geometrisinde iki boyutunun birbirine oranı 1 olan kare form olduğu, boyutları arasında oranın 1'den uzaklaştıkça maliyetlerde artışlar olduğu gözlenmiştir. En yüksek maliyetli form ise iki boyutunun birbirine oranı en fazla olan dikdörtgen form olmuştur. Buradan mimari kullanım alanları aynı kalmak üzere, plan düzlemindeki boyutları farklılaşan dikdörtgen modellerde iki yöne ait uzunluklar arasındaki fark arttıkça ana yapısal maliyetlerinin artış gösterdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca binalarda boyut değişikliği geometrik olarak ilk önce çevre uzunluklarına etki etmektedir. Kare, kompakt bir form olup kat taban alanı aynı olan diğer dörtgenler arasında çevresi en az olandır. Binalarda çevre uzunluğunun artması aynı yükseklikteki modellerde cephe alanını arttırmakta, bu durum da ikincil yapı maliyetlerinden olan cephe yalıtımı ve dış duvar maliyetlerini de etkilemektedir. Ana yapısal maliyet değişimlerine paralel olarak, dörtgenlerde kare formdan uzaklaştıkça cephe uzunluğu ve dolayısıyla cepheye bağlı maliyetlerde

artışlar olmuştur. Bu faktörlerin de maliyete katılması ile formlar arasındaki maliyet farkı daha da açılmıştır.

Bina yüksekliğinin maliyete etkisi incelendiğinde; yüksekliğin artması ile önce belirli bir kat adedine kadar azalan, daha sonra tekrar artış gösteren bir değişim eğrisi elde edilmiştir. 15 kata kadar kat adedi artışıyla daire başına düşen maliyetlerin azaldığı, 15 kattan yukarılara çıkıldıkça sürekli bir artış olduğu görülmektedir. Maliyetlerin artmasındaki en önemli nedenlerin ise kesit yetersizliğinden dolayı perde kalınlıklarının artması, zemin taşıma kapasitesine göre temel çözümlerinin kazıklı radye temel uygulamasıyla değiştirilmesi ve bodrum, servis, tesisat alanlarının dağılımı olduğu anlaşılmıştır. Ancak bu sonuçlar yüksek yapıların günümüzde uygulanmasına engel teşkil etmemektedir. Sadece tamamı perde duvarlı olan tünel kalıp uygulamaları belirli bir yükseklik aralığı dışında rasyonel olmadığı kanıtlanmıştır. Ayrıca az katlı yapılardaki daire başına düşen maliyetlerin fazlalığından anlaşılacağı üzere az daire sayısına sahip yapılarda da perdeli sistem ve tünel kalıp uygulamasının rasyonel olmadığına ulaşılmıştır.

Tüm bu incelemeler ardından; basit dörtgenlerin maliyet kıyaslamalarının yapılması ile benzer formlar üzerinde yapı boyutlarının yapı maliyetine etkisi olduğu kanıtlanmıştır. Bina tasarımlarında olabildiğince iki yöndeki boyutlarının birbirine yakın olmasına dikkat edilmesinin ve rasyonel kat adedinin belirlenmesinin maliyetlerin azaltılması doğrultusunda faydası ortaya konmuştur. Sonuç olarak sabit alınan etkenler altında, boyut farklılığı-kat adedi-maliyet üçgeninde yapılan araştırma ile elde edilen bulguların kullanılması; günümüzde yeni yapılan bina ve kentsel dönüşüm süreçlerinde tünel kalıp projelerinde mevcut yöntemlerin gözden geçirilmesinde, yapım maliyetleri safhasında daha verimli tahminler elde edilmesinde, optimum maliyetle inşa etmek için esas alınabilecek kriterler konusunda öneriler elde edilmesinde olumlu gelişmeler yaratacaktır.

Kaynaklar

Ashworth, A., Hogg, K., Higgs, C. (2013) Willis' Practice and Procedure Quantity Surveyors, 13th Edition, Blackwell Science Ltd..

Belniak, S., Lesniak, A., Plebankiewicz, E., Zima, K. (2013). "The influence of the building shape on the costs of its construction", Journal of Financial Management of Property and Construction, Vol. 18 No. 1, 90 – 102.

Bostancıoğlu, E. (1999). "Konut Binalarının Ön Tasarımı Evresinde Maliyeti Etkileyen Faktörler ve Faktörlere Dayalı Bir Maliyet Tahmin Yöntemi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bostancıoğlu, E. (2006) "Konut Binalarının Ön Tasarımında Bir Maliyet Tahmin Modeli", Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:8, Sayı:3, 27 - 49.

Bowles, J. E. (1996) Foundation Analysis and Design, New York: McGraw-Hill.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2007) Deprem bölgelerinde yapıla-

cak binalar hakkında yönetmelik (DBYBHY), Ankara.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2013), 2013 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları, Ankara.

Çıracı, M., (1996) Konutlarda maliyet tahmini için bir model, T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Konut Araştırma Dizisi-6, Ankara.

Ferry, D.J., ve Brandon P.S., (2007) Cost planning of building, 9th Edition, Oxford: Wiley-Blackwell.

Harmankaya Z.Y. ve Tuna M.E. (2011) "Türkiye'de Tünel Kalıp ile Uygulanan Çok Katlı Yapı Üretiminde Kat Adedi ve Beton Sınıfının Maliyete Etkileri", Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 26, No 2, 427-433.

Ibrahim, D.A. (2007) "Effect of Changes in Layout Shape on Unit Construction Cost of Residential Buildings", Samaru Journal of Information Studies, Cilt 7, No.1; 24-31.

İlerisoy Z.Y., Tuna M.E. (2013) "Construction Costs of Tunnel Form Buildings", Gradevinar, Cilt 65, No 2, 135-141.

Küçükçalı, N. (2007) Yüksek Yapılarda Tesisat, Isısan yayınları, İstanbul.

Maver, T. (1970) "A Theory of Architectural Design in which the Role of the Computer is Identified", Building Science, vol. 4, pp. 199–207.

Newton, S. (1982) Cost modeling: A tentative specification, Building cost techniques: New directions, P.S. Brandon, ed., E & FN Spon, London

Pena, W.M. ve Parshell S. A. (2001) Problem Seeking: An Architectural Programming Primer, 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Safiki, A., Solikin, M., Sahid, M. N., (2015) "Cost Implications of Building Design Plans: A Literature Review Analysis", The 2nd International Conference on Engineering Technology and Industrial Application, 15 Ekim 2015, 51-56, Surakarta, Endonezya.

Seeley, I. H. (1996) Building Economics, 4th edition, Palgrave Macmillan, Houndmills, Basingstoke, Hampshire.

STA4-CAD V13, (2004) Çok katlı betonarme yapıların analiz ve tasarımı, STA Bilgisayar Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Sti, İstanbul.

Tregenza P. (1972), "Association between building height and cost". Architects Journal Information Library, No. 11 (November), 1031-1032.

Türk Standartları Enstitüsü, (2000) TS500 – Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Ankara.

Türkel, E.B., Ergen, E. (2016). "Tünel kalıp sistemi kullanılan betonarme yüksek yapılarda, yükseklik ve kat alanı ile maliyet arasındaki ilişki". Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(6), 418-426.

Warszawski, A. (2003). "Analysis of Costs and Benefits of Tall Buildings", Journal Of Construction Engineering And Management (ASCE), Vol.129, No.4, 421-430.

Wing, C. K. (1999). "On the issue of plan shape complexity; plan shape indices revisited", Construction Management and Economics, Vol.17, No.4, 473-482.

İnternet Kaynakları

Türkiye Hazır Beton Birliği, <http://www.thbb.org/teknik-bilgiler/raporlar/van-deprem-raporu/> [Erişim Tarihi; 22.09.2016].