



## **KONUT BİNALARININ ÖN TASARIMINDA BİR MALİYET TAHMİN MODELİ**

### **(A COST ESTIMATION MODEL IN PRE-DESIGN OF RESIDENTAL BUILDINGS)**

**Esra BOSTANCIOĞLU\***

#### **ÖZET/ABSTRACT**

Bu çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada; ön tasarım evresinde konut binalarının maliyetini etkileyen faktörler ve bu faktörlerin maliyeti etkileme oranları belirlenmektedir. İkinci aşamada; konut binalarının ön tasarımı evresinde kullanılmak için ve ön tasarım evresinde maliyeti etkileyen faktörlere dayanarak geliştirilmiş bir maliyet tahmin modeli tanıtılmaktadır. Faktörlerin maliyeti etkileme oranları kullanılarak, dönüştürme katsayıları belirlenmekte ve bu katsayılar maliyet tahmin modelinin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu model formül ile ifade edilmekte ve bilgisayar programları ile kullanımı kolaylaştırılmaktadır. İnşaat maliyet indekslerinin kullanımı ile ileriye yönelik olarak da kullanılabilir. Yeni model ile hesaplanan  $m^2$  başına maliyet değerleri, birim fiyat yöntemi ile hesaplanan  $m^2$  başına maliyet değerlerinden % 0,1-% 7,7 arasında farklılık göstermektedir.

*This study consists of two phases. The factors affect residential buildings' cost in pre-design phase and affecting ratios of these factors are determined in the first phase. A cost estimation model that is developed for residential buildings to be used in pre-design phase and based on the factors that affect building cost in pre-design phase is introduced in the second phase. As using affecting ratios of factors on cost, the conversion coefficients are determined and they are used for developing the cost estimation model. This model is explained with a formula and its usage is facilitated with using computer programs. It can be used in the future with using building cost index. The values of per  $m^2$  cost that are calculated with new model are % 0,1-% 7,7 different from the values of per  $m^2$  cost that are calculated with the method of Ministry of Public Works.*

#### **ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS**

Ön tasarım aşamasında maliyeti etkileyen faktörler, Maliyet tahmin modelleri, Dönüştürme modelleri, regresyon modelleri

*The factors affect cost in pre-design phase, Cost estimation model, Conversion model, Regression model*

## 1. GİRİŞ

Sınırlı kaynakları olan her sektör gibi, inşaat sektöründe ekonomiklik ürünün sahip olması gereken en önemli özelliklerden biridir. Hedef, bina üretiminde minimum maliyet ile maksimum faydayı sağlamaktır. Yapım sürecinin tümü ele alındığında, bina maliyetinin en kolay azaltılabileceği evre, ön tasarım evresidir. Tasarım yapıldıktan sonra, bina maliyeti hesaplanıp, hedef maliyetin üzerinde olduğu görülürse; maliyeti düşürmek için tasarımda değişiklikler yapılması gerekmektedir. Fakat tasarım süreci için harcanan zaman ve bu sürecin maliyeti vardır. Oysa ki, tasarıma başlanmadan; hangi faktörün maliyeti ne oranda etkilediği bilinirse; tasarım ona göre yönlendirilir ve ön tasarım evresinde maliyet denetim altına alınmış ve hedef maliyete ulaşılmış olmaktadır. Böylece, tasarım sürecindeki geriye dönüşlerin maliyetleri kazanılmaktadır. Ön tasarım evresindeki modellerin kullanımı ile bu, sağlanmış olmaktadır.

Türkiye’de konut üretimi inşaat sektöründe ve ülkesel yatırımlar içinde, yüksek bir payı oluşturmaktadır. Öte yandan, ülkemizde konut ihtiyacı önemli ölçüde varlığını sürdürmektedir. Konut ihtiyacının en ekonomik biçimde karşılanması gerekmektedir. Bu ihtiyacın karşılanmasında, özellikle sınırlı gelire sahip grupların konut ihtiyacının karşılanmasında konut maliyetleri önemli bir problemdir. Konutları satın alınabilir yapmanın yollarından biri bunların maliyetini düşürmektir.

Düşük maliyetle konut yapmada, özellikle ön tasarım evresinde verilen kararlar önem taşımaktadır. Bir binanın ekonomikliği ile ilgili temel kararlar bu evrede alınmaktadır ve bu nedenle de maliyeti düşürme şansının en yüksek olduğu evredir. Dünyada pek çok araştırmacı ve kuruluş, ön tasarım evresinde maliyeti düşürebilmek için araştırmalar yapmış, bu evrede kullanılacak maliyet bilgileri üretmiş ve maliyet veri bankaları oluşturmuştur.

Türkiye’de; konut sektörü oldukça ağırlıklı bir sektör olmasına ve hızla artan konut ihtiyacı bulunmasına rağmen, konut maliyetlerini düşürmeye yönelik araştırmalar sınırlıdır. Dünyanın diğer ülkelerinde geliştirilmiş maliyet tahmin modellerinin ve üretilmiş maliyet bilgilerinin Türkiye’de kullanılması mümkün değildir, zira bu verilerin kullanılması üretildikleri coğrafi ve ekonomik bölgeyle sınırlıdır.

Bu çalışmanın amacı; ön tasarım evresinde konut binaları için kullanılacak ve maliyeti etkileyen faktörlere dayalı olarak geliştirilen maliyet tahmin modelini tanıtmaktır. Bu amaçla; çalışmanın ikinci bölümünde, ön tasarım evresinde maliyeti etkileyen faktörler ve bu faktörlerin maliyeti hangi oranda etkilediğini sayısal olarak gösteren, Türkiye’de ve yurtdışında yapılmış çalışmalar değerlendirilecektir. Bu faktörler, dördüncü bölümde geliştirilecek modele baz olacak faktörlerin belirlenmesini ve elde edilecek verilerin sınanmasını sağlayacaktır.

Üçüncü bölümde ise, maliyeti etkileyen faktörleri baz alan maliyet tahmin modellerinin metodu ve kullanım esasları incelenerek değerlendirilecektir.

İkinci ve üçüncü bölümde yapılan literatür çalışması, dördüncü bölümde geliştirilmek istenen maliyet tahmin modelinin altyapısını oluşturacaktır. Geliştirilmek istenen bu maliyet tahmin modelinde; belirli bir proje baz alınarak, bu projenin  $m^2$  maliyeti; başka projelerin  $m^2$  ve toplam maliyetlerini hesaplamak için kullanılacaktır. Bu modelin kullanılabilmesi için; maliyeti etkileyen faktörlerin maliyeti hangi oranda etkilediğine ilişkin verilerin hazırlanması gerekmektedir. Dördüncü bölümde bu veriler de hazırlanarak, model kurulacaktır. Model oluşturulduktan sonra, seçilen projelerin maliyeti; hem keşif yöntemi, hem de geliştirilen yöntemle hesaplanarak, modelin kullanılabilirliği örneklerle sınanacaktır.

## 2. ÖN TASARIM EVRESİNDE MALİYETİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Ön tasarım evresinde maliyeti etkileyen faktörlerle ilgili literatür çalışması sonucunda; kalite, kat adedi, plan biçimi, bina büyüklüğü, kat yüksekliği, sirkülasyon alanı, kattaki daire adedi, bodrum durumu, binanın kendisine özgü özellikleri, yapım teknolojisi, üretim ölçeği, iklimsel koşullar, bölgesel koşullar, arsa özellikleri, imar koşulları, yönetmelikler, çeşitli yasalar gibi faktörler; maliyeti etkileyen faktörler olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada, ön tasarım evresinde maliyeti etkileyen faktörleri baz alan bir maliyet tahmin modeli geliştirileceği için; bu bölümde amaç, model kapsamına girecek faktörlerin belirlenmesidir. Bu faktörler; ön tasarım evresinde maliyeti en fazla etkilediği kabul edilen ve literatürde binanın kalite ve geometrisine yönelik olarak yer alan faktörler olarak belirlenmiştir. İklimsel koşullar, bölgesel koşullar, arsa özellikleri, imar koşulları, yönetmelikler, çeşitli yasalar gibi faktörler, tasarım aşamasında tasarımcının müdahale edemediği, bölgesel ve yerleşim yerine bağımlı faktörler olduğu için; yapım teknolojisi ve üretim ölçeği faktörleri ise çok kapsamlı faktörler olduğu için incelenmemiştir. Model çalışmasında ise, bu faktörlerle ilgili bazı kabuller yapılmıştır. Bu nedenle bu bölümde incelenecek faktörler; kalite, kat adedi, plan biçimi, bina büyüklüğü, kat yüksekliği, sirkülasyon alanı, kattaki daire adedi, bodrum durumu faktörleri olarak belirlenmiştir.

Erişilen literatürde, tasarım evresinde maliyeti etkileyen faktörler ile maliyet ilişkisi incelenirken; bazı kaynaklarda faktörlerin genel olarak bina maliyeti üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bazı kaynaklarda ise özel bir bina tipi olan konut binaları maliyeti üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışmada, konut binaları esas alındığı için; tasarım aşamasında maliyeti etkileyen faktörlerin konut binaları maliyeti üzerindeki etkisini gösteren çalışmalar; gerek minimum maliyeti sağlaması istenen baz projenin belirlenmesinde; gerekse, yapılan çalışmadan elde edilecek verilerin değerlendirilmesinde kullanılacaktır.

Literatürdeki faktör-maliyet ilişkisine ait çalışmalar, maliyeti etkileyen faktörler ile maliyet arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. Bu faktörler; kalite, kat adedi, plan biçimi, bina büyüklüğü, kat yüksekliği, kattaki daire adedi, bodrum durumu ve sirkülasyon alanı faktörleri olarak belirlenmektedir.

**Kalite:** Kalite-maliyet arasındaki ilişkiye ait çalışmalar; 1962'de Hannover Yapı Araştırma Enstitüsü'nde ve 1994 yılında Alev Durmuş tarafından yapılmıştır (Kraentzer, 1962). Bu iki çalışmada, kalite artışı ile maliyetin büyük oranda arttığını göstermektedir.

**Kat Adedi:** Kat adedi-maliyet arasındaki ilişkiye ait çalışmalar; 1962'de Hannover Yapı Araştırma Enstitüsü'nde, 1982'de Karl Deters tarafından, 1986'da Tübitak Yapı Araştırma Enstitüsü'nde, 1996 yılında Murat Çıracı tarafından yapılmıştır (Kraentzer, 1962; Deters, 1982; Pişirci vd., 1986; Çıracı, 1996). Bütün bu araştırmalar; kat adedinin artmasıyla  $m^2$  ve daire başına maliyetlerin azaldığını göstermektedir. Ancak; binada kat adedinin artmasıyla birlikte asansör faktörünün devreye girdiği noktada,  $m^2$  ve daire başına maliyetlerde artış görülmektedir, ancak; bu noktadan sonra, kat adedi arttıkça,  $m^2$  ve daire başına maliyetlerin azaldığı görülmektedir.

**Plan Biçimi:** Plan biçimi-maliyet arasındaki ilişkiye ait çalışmalar; 1982'de Peter E. Bathurst ve David A. Butler tarafından, 1986 yılında Ivor H. Seeley tarafından, 1996 yılında Murat Çıracı tarafından yapılmıştır (Bathurst ve Butler, 1982; Seeley, 1986; Çıracı, 1996). Bu üç çalışmadan da elde edilen sonuç; dış duvar alanı/döşeme alanı oranının artması ile birlikte maliyetin de artmasıdır.

**Bina Büyüklüğü:** Bina büyüklüğü-maliyet arasındaki ilişkiye ait çalışmalar; 1962'de Hannover Yapı Araştırma Enstitüsü'nde, 1982'de Peter E. Bathurst ve David A. Butler tarafından, 1986'da Ivor H. Seeley tarafından yapılmıştır (Kraentzer, 1962; Bathurst ve

Butler, 1982; Seeley, 1986). Bu araştırmalar, alandaki artışın m<sup>2</sup> maliyette azalma meydana getireceği sonucunu ortaya çıkar mıştır.

**Kat Ykseklilđi:** Kat ykseklilđi-maliyet arasındaki ilişkiye ait çalışmalar; 1982’de Peter E. Bathurst ve David A. Butler tarafından, 1986’da Ivor H. Seeley tarafından yapılmıştır (Bathurst ve Butler., 1982; Seeley, 1986). Bu iki araştırma da, kat ykseklilđindeki artışın maliyette artışa neden olacağını göstermektedir.

**Kattaki Daire Adedi:** Kattaki daire adedi-maliyet arasındaki ilişkiye ait çalışmalar; 1962’de Hannover Yapı Araştırma Enstitüsü’nde, 1982’de Karl Deters tarafından yapılmıştır (Kraentzer, 1962; Deters, 1982). Bu araştırmalar; kattaki daire adedi arttıka, daire başına maliyetlerin azaldığı sonucunu vermektedir.

**Bodrum Durumu:** Bodrum durumu-maliyet arasındaki ilişkiye ait çalışma; 1962’de Hannover Yapı Araştırma Enstitüsü’nde yapılmıştır (Kraentzer, 1962). Bu araştırma; binalara bodrum yapılmasının bina maliyetini arttırdığını göstermektedir.

Literatürde erişilen bu araştırmalara ilişkin sonuçlar; izelge 1’de, B, C, D, E, F, G, H ve I sütunlarında görülmektedir. Bu bölümde incelenen faktörlerden sirkülasyon alanı dışındaki diğer faktörler, dördüncü bölümde geliştirilmek istenen maliyet tahmin modeli için değerlendirme kriteri olarak alınmıştır. Sirkülasyon alanı faktörünün değerlendirme kriteri olarak alınmamasının sebebi ise, konut tasarımında sirkülasyon alanlarının minimum olmasının istenmesidir.

### 3. N TASARIM EVRESİNDE KULLANILAN MALİYET TAHMİN MODELLERİ

Bina maliyetinin büyük ölçüde ilk karar aşamalarında belirlenmesi istenmektedir. Projeyi gerçekleştirmek isteyen kişi; daha işe başlamadan, bu içi gerçekleştirebilecek semayeyi sağlayıp sağlayamayacağını bilmek istenmektedir. Maliyet tahmini doğrultusundaki çalışmalar ile; projenin farklı süreçlerinde kullanılabilecek, mevcut tasarım bilgilerinin miktarı ile ilişkili, verilen kararların ayrıntı düzeyi ile orantılı maliyet tahmin modelleri geliştirilmiştir. Tahmin modelleri; tasarım aşamalarına bağlı olarak değerismekte ve detaylı tasarıma gidildikçe, tahminin doğruluk oranı artmaktadır.

Maliyet tahmini, bina üretim süreci içinde, ön tasarım evresinden, binanın yok edilmesine kadar yapılmaktadır. n tasarım evresinde maliyet tahmini, binanın gerçekleştirilebilmesi için gerekli sermayenin belirlenmesi veya eldeki sermaye ile hangi büyüklükte nasıl bir bina yapılacağının tespit edilmesi için yapılmaktadır. Bu evrede gerçekleştirilecek binaya ilişkin veriler; büyüklük, kat adedi gibi verilerdir. Avan proje evresinde; bina, meknları ve ölçüleri ile kesinleşmeye başlamıştır ve yapılacak maliyet tahmini ile binanın yapımı için gerekli sermaye daha doğru olarak hesaplanabilmektedir. Uygulama projesi evresinde ise, binaya ilişkin bütün kararlar verilmiş ve detaylar kesinleşmiştir; gerçekleştirilecek binaya ilişkin mevcut veriler daha fazla olduğu için; tahmin edilen bina maliyetinin doğruluk oranı çok yüksektir. Mevcut tasarım bilgilerinin miktarı arttıka, maliyet tahminin doğruluk oranı artmakta, ancak maliyet hesaplama işleminin süresi de artmaktadır. Bina maliyeti hesabı, binanın yapım evresi ile sınırlı kalmamakta, binanın kullanım süreci içinde de maliyet hesabı yapılmaktadır. Bunlar binanın kullanımına ilişkin maliyetlerdir. Örneğin; bakım-onarım maliyetleri, işletme maliyetleri gibi. ...

Çizelge 1. Faktör-maliyet ilişkisine ilişkin literatürdeki araştırmaların sonuçları

A	B	C		D		E	
FAKTÖR GRUPLARI	FAKTÖR GRUBU SINIFLARI	HANNOVER YAPI ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ (Kraentzer, 1962)		DURMUŞ, A., (1994) (Durmuş, 1994)		DETERS, K., (1982) (Deters, 1982)	
		TL/m <sup>2</sup>	TL/daire	TL/m <sup>2</sup>	TL/daire	TL/m <sup>2</sup>	TL/daire
	<b>3. Sınıf İnşaat</b>	100		100			
<b>KALİTE SINIFLARI</b>	2. Sınıf İnşaat	107		124			
	1. Sınıf İnşaat	124		131			
	Lüks İnşaat	133		202			
	3 Katlı		109				89
	4 Katlı		101				81-86
	<b>5 Katlı</b>		100				97-103
<b>KAT ADEDİ</b>	6 Katlı		109				95-100
	7 Katlı		104				93-98
	8 Katlı		-				92-97
	9 Katlı		-				
	10 Katlı		-				
<b>PLAN BİÇİMİ</b>	<b>Kare(0,562)</b>		-				
(Dış Duvar Al/ Döşeme Alanı)	Dikdört.(0,562)						
	Yıldız Biçim(0,634)						
	H Biçim(0,724)						
	< 75 m <sup>2</sup>	100(60M2)	100				
<b>DAİRE BÜYÜKLÜĞÜ</b>	<b>75 m<sup>2</sup>-125 m<sup>2</sup></b>	108(70M2)	92-93				
	125 m <sup>2</sup> -175 m <sup>2</sup>						
	> 175 m <sup>2</sup>						
	<b>2,70 m.</b>						
<b>KAT YÜKSEKLİĞİ</b>	2,80 m.						
	2,90 m.						
	3,00 m.						
<b>KATTAKİ DAİRE ADEDİ</b>	1 daire		117				116
	2 daire		105				105
	3 daire		101				100
	4 daire		100				
<b>BODRUM DURUMU</b>	Bodrumsuz		100				
	Bodrumlu		116-140				
<b>ASANSÖR DURUMU</b>	Asansörsüz						
	Asansörlü						
<b>SAYDAMLIK ORANI</b>	0,20						
	0,25						
(Pencere Alanı/ Dış Duvar Alanı)	0,30						
	0,35						



Literatürde, bina maliyetini etkileme ya da düşürme şansının en yüksek olduğu evre, ön tasarım evresi olarak gösterilmekte ve gerek projelendirme, gerekse yapım evresinin gelişimine bağlı olarak bu şansın giderek azaldığı vurgulanmaktadır. Binanın maliyetini etkileyen temel bina özelliklerine ilişkin kararlar ön tasarım evresinde verilmektedir. Eğer verilen kararlar, doğru bilgilere dayanılarak ve doğru yöntemler kullanılarak alınıyorsa, ön tasarımın başarısı artacak ve maliyeti düşürmek söz konusu olabilecektir.

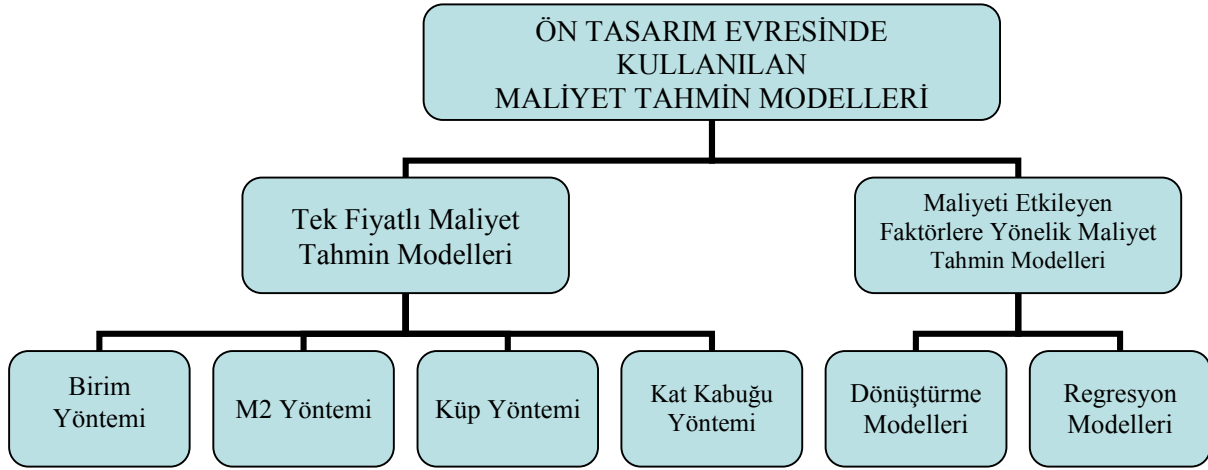
Ön tasarım evresi, inşa edilecek binanın çeşitli özelliklerinin belirlendiği, bu özelliklere ilişkin kararların alındığı bir evre yani bir planlama (tasarım) evresidir. Bu evrenin başında inşa edilecek bina özelliklerine yönelik kararlar için hedefler belirlenmekte, daha sonra bu hedeflere ulaştıracak çözümler bulunmakta ve evrenin sonunda alınan kararların hedeflere ulaştırıp ulaştırmadığı kontrol edilmektedir. Her proje için temel hedefin ekonomiklik olduğu söylenebilir. Ekonomiklik, tasarlanan binanın sağlayacağı faydanın, bunun oluşturacağı maliyetten büyük olmasını ifade etmektedir. Yani burada temel hedef, bina maliyetini düşürebilmektir. Ön tasarım evresinde, maliyeti etkileyen faktörlere yönelik maliyet tahmin modelleri kullanılarak; hangi faktörün maliyeti etkilediği görülüp, tasarımda değişiklik yapılarak maliyetin düşürülebilme olanağı olmaktadır. Bunun için bu bölümün konusu, ön tasarım evresinde kullanılan maliyeti etkileyen faktörlere yönelik maliyet tahmin modelleri ile sınırlandırılmıştır.

Ön tasarım evresinde kullanılan maliyet tahmin modelleri, tek fiyatlı maliyet tahmin modelleri ve maliyeti etkileyen faktörlere yönelik maliyet tahmin modelleri olmak üzere iki gruba ayrılmış ve bu modellere ilişkin sınıflandırma Şekil 1’de gösterilmiştir.

Tek fiyatlı maliyet tahmin modelleri; birim yöntemi,  $m^2$  yöntemi,  $m^3$  yöntemi ve kat kabuğu yöntemidir. Tek fiyatlı maliyet tahmin modelleri, istatistiksel olarak elde edilmiş tek fiyat kullanılarak hesap yapılan yöntemlerdir. Her bir yöntemde; istatistiksel olarak belirlenmiş birim fiyat, her bir yöntem için hesaplanma kuralları belirlenmiş olan büyüklük miktarı ile çarpılarak maliyet hesabı yapılmaktadır. Bu yöntemler ile maliyet hesabı yapmak çok kolaydır. Çünkü maliyet verisini sağlayanlar, duruma göre ilişkilendirilen büyüklüğün; örneğin alanın nasıl hesaplanacağına ilişkin kuralları da getirmiştir. Ancak, buradaki temel problemlerden biri, belirli bir birimle ilişkilendirilmiş maliyetin (örneğin TL/ $m^2$ ) tasarlanan binanın maliyetinin hesaplanmasında kullanılıp kullanılmayacağı ya da kullanılırsa, sonucun güvenilir olup olmayacağına ilişkindir. Eğer; TL/ $m^2$ , TL/ $m^3$  veya TL/birim olarak kullanılacak ortalama maliyet büyüklüğünün dayandığı istatistiksel gözlemlerin yani bu verilerin elde edilmesinde kullanılan binaların temel özellikleri ile maliyeti hesaplanacak binanın özellikleri benzer ise, bu maliyet büyüklüğünün kullanılabilmesi söz konusudur. Ancak her binanın kendine özgü pek çok özelliği vardır ve bu nedenle belli bir hata payı olacaktır. İkinci temel ve önemli problem ise, bu verilerin maliyeti düşürebilecek özellikleri içermemesidir. Bu yöntemle maliyeti düşürmenin tek yolu, birim miktarını yani inşaat alanını veya hacmini azaltmaktır. Oysa inşaat alanının aynı olduğu durumlarda da, bina özelliklerine bağlı olarak maliyet farkları olabilmektedir (Bostancıoğlu, 1999).

Tek fiyatlı maliyet tahmin modellerinden  $m^2$  yöntemi, ülkemizde de kullanılmaktadır. Bu yöntemde esas olan veriler; Bayındırlık Bakanlığı’nca her yıl Resmi Gazete’de yayınlanmakta ve çeşitli gruplara ayrılmış yapıların birim maliyetlerini kapsamaktadır ([www.mimarist.org](http://www.mimarist.org)).

Tasarım aşamasında maliyeti etkileyen faktörlerle maliyet ilişkisini esas alarak maliyet tahminine yönelik olarak yapılmış çalışmalar; ya maliyeti etkileyen faktörlerin belirli bir örnek proje üzerindeki değişimini belirleyerek yeni projenin maliyetini hesaplayan dönüştürme modelleri, ya da maliyeti etkileyen faktörlerin maliyet ile ilişkisini istatistiksel olarak belirleyip, maliyetin hesaplanmasını sağlayan regresyon modelleridir.



Şekil 1. Ön tasarım evresinde kullanılan maliyet tahmin modelleri

### 3.1. Dönüştürme Modelleri

Dönüştürme modellerinde, belirli bir örnek proje seçilmekte ve örnek projenin maliyet analizlerinden yararlanılarak, yeni projenin maliyeti hesaplanmaktadır. Yeni projenin maliyeti hesaplanırken; örnek projenin maliyet verileri üzerinde, maliyeti etkileyen faktörlerin meydana getireceği değişim oranında dönüştürmeler yapılmaktadır.

1977 yılında D. Belfield ve Everest tarafından yapılan çalışma, maliyeti en fazla etkilediği kabul edilen kalite, büyüklük, yerleşim ve zaman faktörü göz önüne alınarak oluşturulmuş bir modeldir (Belfield ve Everest, 1977). Bu yöntem 1985 yılında Peter S. Brandon, R. Geoffrey Moore, Philip R. Main tarafından bilgisayar yazılımı haline getirilmiş ve kullanımı kolaylaştırılmıştır (Brandon vd., 1985). Bu çalışmada, alan ile  $m^2$  maliyet arasında doğrusal bir ilişki olduğu kabul edilmiştir. Ancak bunun doğruluğu örneklerle ispatlanmamıştır.

1986 yılında Ivor H. Seeley tarafından Building Economics adlı yayında yapılan çalışmada, maliyeti hesaplanacak binaya benzer bir binanın, bina elemanlarına dayalı maliyet analizi esas alınmıştır (Seeley, 1986). Yeni binanın, mevcut binaya göre farklılaşan özellikleri belirlenerek, bu özelliklerin bina eleman maliyetlerinde meydana getireceği artış ve azalışlar hesaplanarak; yeni binanın eleman maliyetleri ve eleman maliyetleri toplanarak toplam maliyeti belirlenmiştir. Kat yüksekliği miktarındaki azalmanın, bina maliyetinde de aynı oranda azalmaya neden olacağı kabul edilmiştir, fakat bunun dayanağı yani niçin böyle kabul edildiği belirtilmemiştir. Miktarındaki azalmanın, maliyette de aynı oranda azalmaya neden olacağı söylenemez.

D.Ferry, P. Brandon'un 1986 yılında ön maliyet tahminine yönelik olarak yaptığı çalışmada; maliyeti hesaplanacak binaya benzeyen,  $m^2$  maliyeti bilinen bir örnek proje seçilmiştir (Ferry ve Brandon, 1986). Maliyeti hesaplanacak proje ile örnek proje arasındaki farkların maliyet sonuçları hesaplanarak, sonuca varılmaya çalışılmıştır. Yapılan işlem bir dönüştürme işlemidir. Dönüştürmede, piyasa koşulları, biçim farklılıkları (büyüklük, kat sayısı), yapı kalitesi farkları, tesisat sistemi farkları, kapsam farkları, arsa ve zemin farkları, diğer etkenler göz önünde tutulmuş. Ancak bu dönüştürme işlemi çok karmaşık, hesaplama sistemi zordur. Her faktör için maliyet farkını hesaplamak zor ve zaman alıcıdır.

D. Ferry, P. Brandon'un 1991 yılında yaptığı "Döşeme Alanına Dayalı Eleman Modeli" adlı çalışmada, bina elemanlarını kaliteye, miktara ve zamana göre ayarlaması yapıldıktan sonra, eleman maliyetleri toplanarak toplam maliyet elde edilmektedir (Raftery, 1991). Bu yöntemde Bina Maliyeti Bilgi Servisi (Building Cost Information Service (BCIS)'nin veri



tabanı kullanılmıştır. Ancak kalite ve miktar ayarlamasının yapılması ve modelin kullanımı ile ilgili elimizde bulunan kaynakta yeterli bilgi bulunmamaktadır.

Means'in 1988, 1992 ve 1994'te yaptığı çalışmalarda maliyeti etkileyen faktörleri baz alan yöntemde 1977'de Architects' Journal'da yapılan ve 1985'te Brandon, Moore ve Main tarafından yapılan çalışmada olduğu gibi; büyüklük arttıkça, m<sup>2</sup> maliyetin azaldığı düşüncesinden hareketle geliştirilmiş bir yöntemdir. Ancak, varolan binaların verilerinden oluşan Means Bilgi Bankası'nın verilerine göre hazırlanmış bir tabloya dayandığı, bina tipleri sınıflandırıldığı ve maliyet ile büyüklük arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığı kabul edildiği için daha gelişmiş bir yöntemdir. Ancak bu yöntemde de sadece büyüklük, zaman ve yerleşim faktörleri göz önüne alınmaktadır. Oysa ki, maliyeti çok daha fazla oranda etkileyen faktörler de vardır. Örneğin, kalite farklılaşması maliyet üzerindeki etkisi bakımından küçümsenemeyecek bir faktördür.

### 3.2. Regresyon Modelleri

Regresyon modelleri, maliyeti etkileyen faktörlerin maliyet ile ilişkisini istatistiksel olarak belirleyip, maliyetin hesaplanmasını sağlamaktadır.

Kouskoulas ve Koehn tarafından 1974'de geliştirilen ön tasarım maliyet tahmin fonksiyonu bir çoklu regresyon modelidir. 38 binalık bir örnekleme dayanmaktadır ve yerleşim, bina tipi, kat adedi, kalite ve teknoloji değişkenlerini içermektedir (Schaffler, 1978).

1978 yılında G.Schaffler tarafından yapılan çalışma da, bir çoklu regresyon analizidir. Almanya'da gerçekleştirilmiş 63 örnek projeden oluşan örnekleme dayanmaktadır ve 4 ile 20 katlı apartman tipi konut binaları için geçerlidir (Schaffler, 1978; Schaffler, 1977). Bu modeldeki değişkenler; ana faydalı alan, toplam bina hacmi, kullanıcı başına yaşama alanı, fonksiyonel alanlar(binanın çeşitli tesisat merkez alanları, kalorifer dairesi, havalandırma alanı gibi...), faydalı alanların tümü, sirkülasyon alanları, kat adedi, kat alanı başına ortalama sirkülasyon alanları, havalandırılan mahallerin hacmi, daire sayısı ve bina dış kabuğu alanıdır.

1996 yılında Murat Çıracı tarafından yapılan çalışma, birçoklu regresyon analizi çalışmasıdır (Çıracı, 1996). Bağımsız değişkenler; kullanıcı sayısı başına ana faydalı alanlar, konut içi sirkülasyon alanları/ana faydalı alanlar, yapı elemanları alanı / brüt kat alanları, dış pencere, kapı boşlukları/dış duvar alanları ve bina yüksekliğidir.

1998'de AACE International tarafından yapılan çalışma, uzman sistem haline getirilmiş bir parametrik maliyet modelidir (Bauer, 1998). Maliyet tahmin modeli, bina hakkındaki verileri maliyet ile ilişkilerinden yararlanarak maliyet sonucuna dönüştürmektedir. Bu model, mevcut proje verilerinden yararlanılarak yapılan regresyon analizi ile geliştirilmiştir. Model, genellikle A.B.D.'de bulunan endüstri yapıları ve ticari yapılar gibi bina tiplerine uygulanabilmektedir. Çelik veya betonarme olarak inşa edilmiş, 7 kata kadar büro binaları, mağazalar, endüstri yapılarının maliyet tahmininde kullanılmaktadır. Model; konutlar, ahşap konstrüksüyonla yapılmış binalar, 7 katlıdan fazla katlı binalar ve kalite düzeyi yüksek bitirme elemanları ile yapılmış binalarda kullanılmamaktadır.

### 3.3. Ön Tasarım Evresinde Kullanılan Maliyet Tahmin Modellerinin Değerlendirilmesi

Dönüştürme yönteminin Türkiye'de kullanılabilmesi için gerekli veri tabanı bulunmamaktadır. Bunun için bu yöntem kullanılmamaktadır. Yabancı literatürde erişilen sonuçlar da, ülkemiz koşulları için geçerli kabul edilemez. Çünkü her ülkenin ekonomik koşulları farklıdır. Oysa ki, dönüştürme yöntemi; tasarım aşamasında hangi faktörlerin maliyeti etkilediğini gösterdiği için; bu yöntemle tasarım aşamasında yapılacak bir takım değişikliklerle maliyetin düşürülme şansı vardır. Bunun için; yapılmış olan bu çalışmada;

dönüştürme yönteminin avantajlarından ülkemizde de yararlanabilmek için; maliyeti etkileyen yöntemleri esas alan bir dönüştürme yöntemi geliştirilmektedir (Bostancıoğlu, 1999). Geliştirilecek bu yöntem için gerekli veri tabanı da ülkemiz koşullarına uygun olarak oluşturulmuştur.

#### 4. ÖN TASARIM EVRESİ İÇİN FAKTÖRLERE DAYALI BİR MALİYET TAHMİN MODELİ

Bu çalışmada geliştirilen model, bir dönüştürme modelidir. Özellikleri belirlenen bir proje baz proje olarak kabul edilmekte ve bu projenin  $m^2$  maliyeti, dönüştürme modeli ile diğer projelerin  $m^2$  ve toplam maliyetlerini hesaplamada kullanılmaktadır. Yeni projenin  $m^2$  maliyeti, yeni projenin özelliklerinin baz projenin özelliklerinden farklılaşması ile değişmektedir.

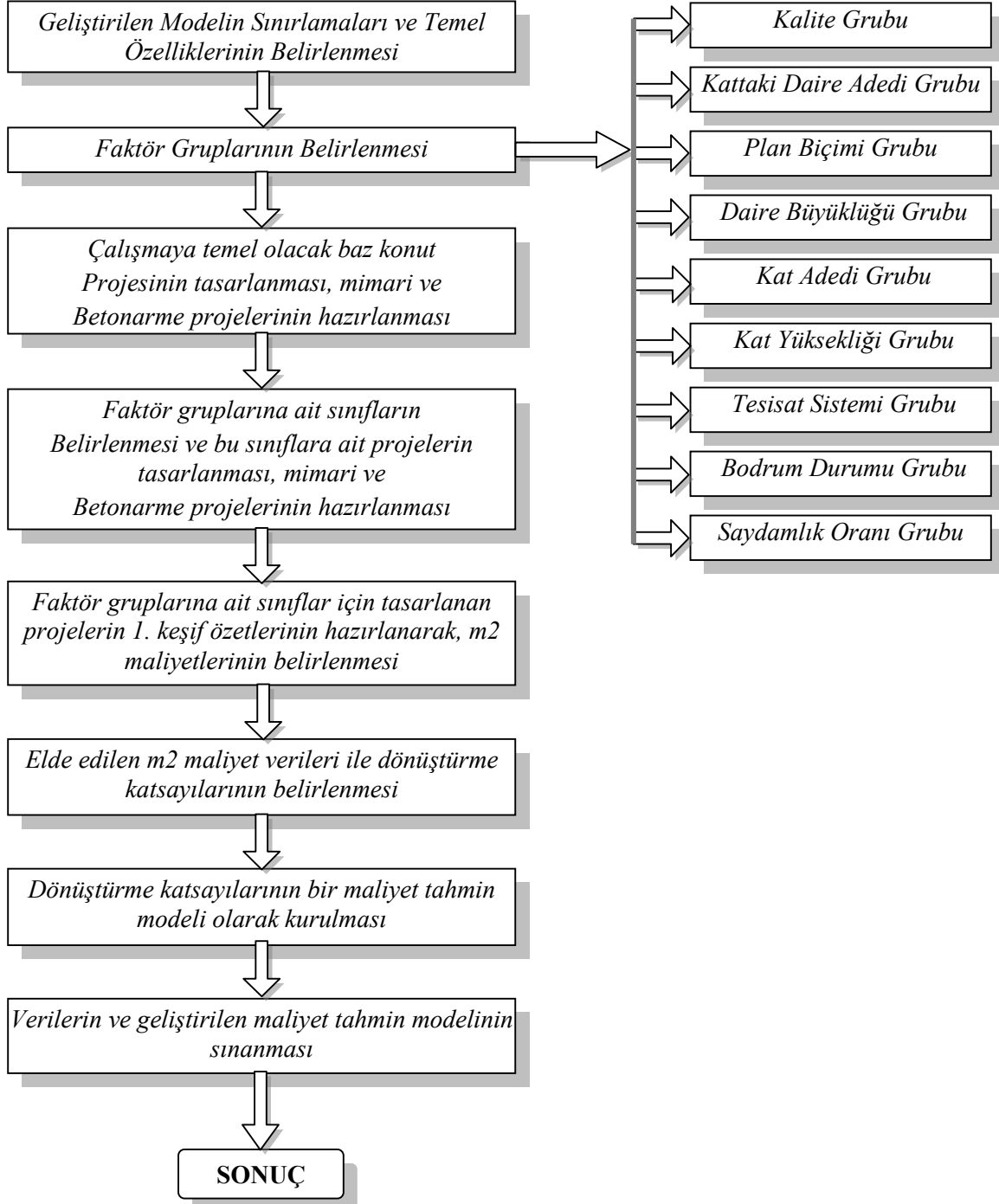
##### 4.1. Çalışmada Kullanılan Maliyet Tahmin Modelinin Geliştirilmesinde İzlenen Yol

Maliyet tahmin modelinin geliştirilmesinde izlenen yol şu şekilde açıklanabilir:

- Geliştirilen maliyet tahmin modelinin sınırlamaları ve bu modelde kullanılacak olan projelerin hangi temel özelliklere sahip olacağı belirlenmiştir. Yapılan maliyet modeli çalışmasında, inşaat sektöründe çalışıldığı ve binalar çok fazla çeşitlilik gösterdiği için; birtakım sınırlamalar getirilmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan binaların temel özellikleri ve bunların dayandığı esaslar belirlenmiştir.
  - T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü'nün yayınladığı “2004 İstatistik Yıllığı”ndaki veriler değerlendirildiğinde; inşaat ruhsatlarına göre Türkiye’de inşaat sektörünü oluşturan yapıların sayısal olarak; 2002’de %86’sını, 2003’te %85’ini, 2004’te %87’sini konut yapılarının oluşturduğu görülmektedir ([www.die.gov.tr](http://www.die.gov.tr)). Alansal açıdan değerlendirildiğinde 2002’de %67’sinin, 2003’te %68’inin, 2004’te %73’ünü; değersel açıdan değerlendirildiğinde 2002’de %67’sini, 2003’te %68’ini, 2004’te %73’ünü konut yapılarının oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır. Konut yapıları; istatistiklerde de görüldüğü gibi, inşaat sektörü içindeki önemi nedeniyle araştırma konusu olarak seçilmiştir.
  - Baz proje ve faktör gruplarında yer alan sınıflara uygun nitelikte mevcut projeler araştırılmış, fakat istenilen nitelikte projeler elde edilemediği için varsayımsal olarak tasarlanarak hazırlanmıştır.
  - Eğimli arazide, eğim faktörünün çok değişken özelliklere sahip olacağı ve arsaların imar durumlarının çok farklılaşacağı, bunların da binaların tipleştirilmesinde karışıklığa yol açacağı düşünülerek; binaların düz bir arazide ve ayrık nizamda dört tarafı açık olarak inşa edileceği düşünülmüştür.
  - Mimari projeler hazırlanırken, Türkiye’de uygulanan Tip İmar Yönetmeliği; detaylar hazırlanırken ise, Genel Teknik Şartname (T.M.M.O.B. İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, 1996) esas alınmıştır ([www.mimarist.org](http://www.mimarist.org)).
  - Teras çatının yalıtım problemi önemli bir sorun olduğu için ve yapılan binalarda ahşap çatının daha yaygın olarak kullanıldığı gözlemlendiğinden, binalarda ahşap çatı yapılacağı kabul edilmiştir.
  - Betonarme projeler hazırlanırken; bazı kabuller yapılmıştır. Bu kabuller yapılırken de, “TS 500” ve “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” esas alınmıştır (Türk Standartları Enstitüsü, 2000) ([www.mimarist.org](http://www.mimarist.org)).

- Binaların geleneksel sistemle, yani betonarme kolon-kiriş sistemi ile ahşap kalıp kullanılarak inşa edileceği kabul edilmiştir.
- Bu çalışmada; inşaat sektörü içindeki önemi nedeniyle apartman tipi binalar ele alındığı için, projeler 3 ila 10 kat arasında tasarlanmıştır. 10 katlıdan fazla katlı binalarda farklı teknolojilerin de kullanılacağı düşünüldüğü için, binalar 3 ile 10 kat arasında sınırlandırılmıştır.
- Konut yapıları için kalite sınıfları belirlenirken; Maliye Bakanlığı'nın hazırladığı "Emlak Vergisi Beyanname Düzenleme Rehberi"ndeki "Bina İnşaat Sınıflarının Tespitine Dair Cetvel" esas alınmıştır (T.C. Maliye Bakanlığı, 1994). Bu cetvelde binalar;
  - 1) Lüks İnşaat
  - 2) Birinci Sınıf İnşaat
  - 3) İkinci Sınıf İnşaat
  - 4) Üçüncü Sınıf İnşaat
  - 5) Dördüncü Sınıf İnşaatolmak üzere beş kalite sınıfına ayrılmıştır ve her kalite sınıfını sahip olması gereken özellikler belirtilmiştir. Dördüncü sınıf inşaat grubuna giren yapıların, Türkiye'de çok az sayıda inşa edildiği düşünüldüğünden, dördüncü sınıf inşaat grubu çalışmada kapsam dışı bırakılmıştır ve yapılan çalışmada dört kalite sınıfı olduğu kabul edilmiştir.
- $M^2$  maliyetleri belirlemek için 1. keşif özetleri hazırlanırken; tüm Türkiye'de devlet ihalelerinde kullanılan ve kabul edilmiş bir ölçüm standardı olan Bayındırlık Bakanlığı birim fiyat analizleri kullanılmıştır ([www.birimfiyat.com](http://www.birimfiyat.com)). İnşaat maliyetlerinin hesaplanmasında Bayındırlık Bakanlığı birim fiyatları, metrajlar yapılırken de Bayındırlık Bakanlığı hesap sistemi kullanılmıştır.
- Doğal aydınlatma açısından mekanların ışık ihtiyacının yeterli olarak sağlanması için ve ısı yalıtımının binaların kullanım maliyeti yani yakıt tüketimi ve hava kirliliği üzerindeki etkileri düşünülerek; dış duvarlar gazbeton, pencereler ahşap çift camlı pencere kabul edilmiştir.
- Projelere ait metrajların yapılıp, 1. keşif özetlerinin hazırlanmasında 2005 yılı Bayındırlık Bakanlığı birim fiyatları kullanılmıştır ([www.birimfiyat.com](http://www.birimfiyat.com)).
- $M^2$  maliyetlerin belirlenmesi için inşaat alanı hesaplanırken, balkonlar ve merdivenler dahil olmak üzere tüm kat alanlarının toplamı alınmıştır.
- Geliştirilen maliyet tahmin modeli ileriye yönelik olarak hazırlanmıştır. Maliyet tahmin modelinin güncelleştirilmesinde, Devlet İstatistik Enstitüsü'nün yayınladığı İnşaat Maliyet indeksi değerlerinden yararlanılacaktır ([www.die.gov.tr](http://www.die.gov.tr)).
- Maliyeti etkileyen faktörlerden model çalışmasında kullanılmak için belirlenenlerden yararlanarak, faktör grubu adı verilen gruplar oluşturulmuştur. Literatür çalışmasının sonucu olarak; bu modelde kullanılacak faktörler; kalite, kat adedi, plan biçimi, bina büyüklüğü, kat yüksekliği, kattaki daire adedi, bodrum durumu olarak belirlenmiştir. Bu faktörlere ek olarak model; asansör durumu ve saydamlık oranı faktörlerini de içermektedir. Bu faktörler, faktör gruplarını oluşturmaktadır.
- Modelin geliştirilebilmesi için öncelikle, baz projenin özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Maliyet tahmin modeline baz alınan, bütün faktör gruplarında yer alan ve minimum  $m^2$  maliyeti sağladığı kabul edilen baz proje; literatürde yer alan araştırmalara dayanarak ve Türkiye koşulları göz önüne alınarak; 3. sınıf inşaat kalitesinde, ortalama daire büyüklüğü  $100 m^2$ , bir merdivene dört dairenin bağlandığı,

kare plan biçimine sahip, 5 katlı, kat yüksekliği 2,70 m, asansörsüz, bodrumsuz, pencere alanı/dış duvar alanı oranı 0,20 olan betonarme konut projesi olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Yönteme ait akış şeması

- Belirlenen faktör özelliklerine göre baz projenin mimari ve betonarme projeleri tasarlanmıştır.
- Baz projenin yapım işlemleri belirlenmekte ve Bayındırlık Bakanlığı birim fiyatları ve ölçüm standartları kullanılarak baz projenin toplam maliyeti hesaplanmıştır. Baz

projenin toplam maliyeti, toplam bina alanına bölünerek; baz projenin  $m^2$  maliyeti belirlenmiştir. Hesaplanan maliyetler, sadece inşaat işlerine ait maliyetleri kapsamaktadır.

- Faktör grubu sınıflarını oluşturmak için; baz projenin bütün özellikleri sabit tutulmuş, sadece o faktöre ait özellik değiştirilmiştir. Bu sınıflara ait projeler tasarlanmış ve bu 28 farklı projeye ait  $m^2$  maliyetler, aynı yöntemle hesaplanmıştır. Faktör grubu sınıflarını oluşturan 28 farklı projeye ait plan şemaları ve özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.
- Projelere ait  $m^2$  maliyetler faktör grupları içinde karşılaştırılmıştır. Projelerin  $m^2$  maliyetleri, modelin temeli olan dönüştürme katsayılarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Faktör grubu sınıfına ait dönüştürme katsayısını belirlemek için; faktör grubu içinde yer alan projelerin  $m^2$  maliyeti, baz projenin  $m^2$  maliyetine bölünmüştür. 28 farklı projeye ait  $m^2$  maliyetler ve dönüştürme katsayıları Çizelge 3'de ve Şekil 3'de görülmektedir.

#### 4.2. Elde Edilen Verilerin Literatürde Yer Alan Mevcut Verilerle Karşılaştırılması ve Sınanması

Bu bölümde elde edilen faktör-maliyet ilişkilerine dayalı olarak elde edilen maliyet verileri Çizelge 3'te; ikinci bölümde yer alan mevcut veriler, Çizelge 1'de verilmiştir. Elde edilen veriler ile literatürde yer alan mevcut veriler karşılaştırıldığında varılan sonuçlar şunlardır:

##### n Kalite-Maliyet İlişkisi:

Literatürde erişilen araştırmalarda da, yapılan çalışmada da; kalite sınıfındaki artışın  $m^2$  maliyette artışa neden olduğu sonucuna varılmıştır.

##### n Kat Adedi-Maliyet İlişkisi:

Literatürde ulaşılan araştırmalar; kat adedinin artmasıyla  $m^2$  veya daire başına maliyetin azaldığını göstermektedir. Ancak, bina kat adedinin artmasıyla birlikte asansör faktörünün devreye girmesiyle  $m^2$  veya daire başına maliyette artış görülmektedir. Ancak asansörlü binalarda da, kat adedi arttıkça  $m^2$  veya daire başına maliyetin azaldığı görülmektedir. Yapılan çalışmada da, kat adedi arttıkça  $m^2$  maliyetin azaldığı belirlenmiştir. 5'ten fazla katlı binalar asansörlü olarak düşünülmüş, ancak asansör faktörü sadece inşaat maliyeti olarak hesaba alınmıştır. 3 kattan 10 kata kadar olan betonarme konut binalarında kat adedinin artışı ile  $m^2$  inşaat maliyetinin azaldığı; fakat asansör faktörünün devreye girmesiyle 5 kattan 6 kata geçildiğinde  $m^2$  maliyetin arttığı, ancak bu noktadan sonra tekrar azalmaya başladığı sonucuna varılmıştır.

##### n Plan Biçimi-Maliyet İlişkisi

Literatürdeki araştırmadan elde edilen sonuç; dış duvar alanı / döşeme alanı artması ile birlikte maliyetin de artmasıdır. Bu da göstermektedir ki; yapılan çalışmadan elde edilen sonuç ile, literatür araştırmasından elde edilen sonuç aynıdır.


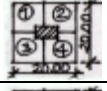




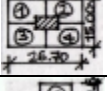


##### n Daire Büyüklüğü-Maliyet İlişkisi

Literatürde erişilen araştırmalarda da, yapılan çalışmada da; alandaki artışın  $m^2$  maliyette azalmaya neden olduğu sonucuna varılmıştır.


##### n Kat Yüksekliği-Maliyet İlişkisi

Literatürde erişilen araştırmalar da, yapılan çalışma da kat yüksekliğindeki artışın düşey eleman miktarlarında meydana getireceği artıştan dolayı;  $m^2$  maliyeti arttıracığı sonucunu vermektedir.

Çizelge 2. Faktör gruplarına ait projeler

PROJE ADI	PLAN ŞEMASI	KALİTE SINIFI	KAT ADEDİ	PLAN BİÇİMİ	DAİRE BÜYÜKLÜĞÜ	KAT YÜKSEK	KATTAKİ DAİRE ADEDİ	TESİSAT SİSTEMİ SINIFI	BODRUM DURUMU	PENCERE ALANI DİŞ DUVAR ALANI
PR-01		3. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-süz	Bodrumsuz	0,20
PR-02		2. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-süz	Bodrumsuz	0,20
PR-03		1. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-süz	Bodrumsuz	0,20
PR-04		Lüks inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-süz	Bodrumsuz	0,20
PR-05		3. sınıf inşaat	3	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-süz	Bodrumsuz	0,20
PR-06		3. sınıf inşaat	4	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-süz	Bodrumsuz	0,20
PR-07		3. sınıf inşaat	6	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-lü	bodrumsuz	0,20
PR-08		3. sınıf inşaat	7	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-lü	bodrumsuz	0,20
PR-09		3. sınıf inşaat	8	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-lü	bodrumsuz	0,20
PR-10		3. sınıf inşaat	9	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-lü	bodrumsuz	0,20
PR-11		3. sınıf inşaat	10	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-lü	bodrumsuz	0,20
PR-12		3. sınıf inşaat	5	Dikdörtgen	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-süz	bodrumsuz	0,20
PR-13		3. sınıf inşaat	5	Yıldız Biçim	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-süz	bodrumsuz	0,20
PR-14		3. sınıf inşaat	5	H Biçim	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-süz	bodrumsuz	0,20
PR-15		3. sınıf inşaat	5	Kare	<75 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-süz	bodrumsuz	0,20
PR-16		3. sınıf inşaat	5	Kare	125-175 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-süz	bodrumsuz	0,20
PR-17		3. sınıf inşaat	5	Kare	>175 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör-süz	bodrumsuz	0,20

Çizelge 2. Faktör gruplarına ait projeler (Devamı)

PROJE ADI	PLAN ŞEMASI	KALİTE SINIFI	KAT ADEDİ	PLAN BİÇİMİ	DAİRE BÜYÜKLÜĞÜ	KAT YÜKSEKLİĞİ	KATTAKİ DAİRE ADEDİ	TESİSAT SİSTEMİ SINIFI	BODRUM DURUMU	PENCERE ALANI DİŞ DUVAR ALANI
PR-18		3. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,80 m.	4	Asansör süz	bodrumsuz	0,20
PR-19		3. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,90 m.	4	Asansör süz	bodrumsuz	0,20
PR-20		3. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	3,00 m.	4	Asansör süz	bodrumsuz	0,20
PR-21		3. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	1	Asansör süz	bodrumsuz	0,20
PR-22		3. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	2	Asansör süz	bodrumsuz	0,20
PR-23		3. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	3	Asansör süz	bodrumsuz	0,20
PR-24		3. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör -lü	bodrumsuz	0,20
PR-25		3. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör süz	bodrumlu	0,20
PR-26		3. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör süz	bodrumsuz	0,25
PR-27		3. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör süz	bodrumsuz	0,30
PR-28		3. sınıf inşaat	5	Kare	75-125 m <sup>2</sup>	2,70 m.	4	Asansör süz	bodrumsuz	0,35

### n Kattaki Daire Adedi-Maliyet İlişkisi

Literatürde erişilen araştırmalar da, yapılan çalışma da; kattaki daire adedi arttıkça m<sup>2</sup> maliyetin azaldığını göstermektedir.

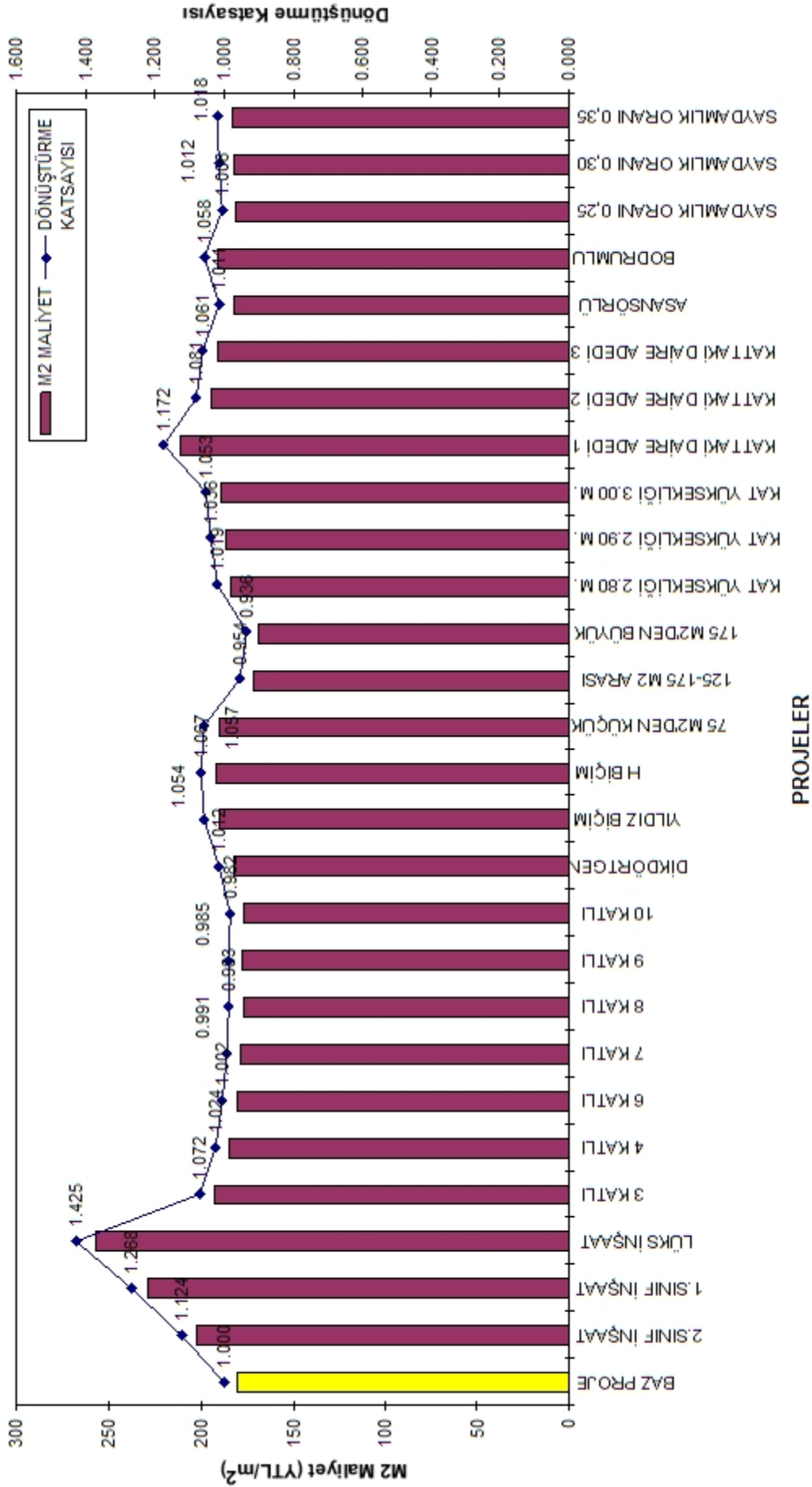
### n Bodrum Durumu-Maliyet İlişkisi

Literatürde erişilen araştırma da, yapılan çalışma da binaların bodrumlu yapılmasının m<sup>2</sup> ve daire başına maliyetleri arttırdığı sonucunu vermiştir. Ancak literatürde erişilen araştırma tek aile evlerine yönelik olarak yapıldığı için, binaların bodrumlu yapılmasının maliyet üzerindeki etkisi daha fazladır.

Çizelge 3. Faktörlerin M2 maliyet üzerindeki etkisi ve faktör grubu sınıflarına ait dönüştürme katsayıları

A	B	C	D	E
FAKTÖR GRUPLARI	FAKTÖR GRUBU SINIFLARI	M2 MALİYET (YTL/M2) (2005)	M2 MALİYET DEĞERİ	DÖNÜŞTÜRME KATSAYISI
KALİTE SINIFI	<b>3. Sınıf İnşaat</b>	<b>180,07</b>	<b>100</b>	<b>1,000</b>
	2. Sınıf İnşaat	202,35	112	1,124
	1. Sınıf İnşaat	228,34	127	1,268
	Lüks İnşaat	256,53	143	1,425
KAT ADEDİ	3 Katlı	193,03	107	1,072
	4 Katlı	184,44	102	1,024
	<b>5 Katlı</b>	<b>180,07</b>	<b>100</b>	<b>1,000</b>
	6 Katlı	180,42	100	1,002
	7 Katlı	178,42	99	0,991
	8 Katlı	177,08	98	0,983
	9 Katlı	177,36	99	0,985
	10 Katlı	176,91	98	0,982
PLAN BİÇİMİ (Dış Duvar Al/ Döşeme Al)	<b>Kare (0,562)</b>	<b>180,07</b>	<b>100</b>	<b>1,000</b>
	Dikdörtgen (0,562)	182,21	101	1,012
	Yıldız Biçim (0,634)	189,74	105	1,054
	H Biçim (0,724)	192,06	107	1,067
BİNA BÜYÜKLÜĞÜ	<75 m <sup>2</sup>	190,30	106	1,057
	<b>75 m<sup>2</sup>-125 m<sup>2</sup></b>	<b>180,07</b>	<b>100</b>	<b>1,000</b>
	125 m <sup>2</sup> -175 m <sup>2</sup>	171,76	95	0,954
	>175 m <sup>2</sup>	168,51	94	0,936
KAT YÜKSEKLİĞİ	<b>2,70 m.</b>	<b>180,07</b>	<b>100</b>	<b>1,000</b>
	2,80 m.	183,44	102	1,019
	2,90 m.	186,55	104	1,036
	3,00 m.	189,53	105	1,053
KATTAKİ DAİRE ADEDİ	Katta 1 daire	211,08	117	1,172
	Katta 2 daire	194,63	108	1,081
	Katta 3 daire	191,09	106	1,061
	<b>Katta 4 daire</b>	<b>180,07</b>	<b>100</b>	<b>1,000</b>
BODRUM DURUMU	<b>Bodrumsuz</b>	<b>180,07</b>	<b>100</b>	<b>1,000</b>
	Bodrumlu	190,52	106	1,058
ASANSÖR DURUMU	<b>Asansörsüz</b>	<b>180,07</b>	<b>100</b>	<b>1,000</b>
	Asansörlü	182,09	101	1,011
SAYDAMLIK ORANI (Dış Duvar Al/ Döşeme Al)	<b>0,20</b>	<b>180,07</b>	<b>100</b>	<b>1,000</b>
	0,25	181,15	101	1,006
	0,30	182,24	101	1,012
	0,35	183,32	102	1,018



Şekil 3. Faktörlerin M<sup>2</sup> maliyet üzerindeki etkisi ve faktör grubu simflarına ait dönüşüm katsayıları

### 4.3. Modelin Kullanımı

Yeni projenin maliyetini hesaplamak için; yeni projenin baz projeden farklılaşan özellikleri belirlenmekte ve bu değişen özelliklere göre dönüştürme katsayıları seçilmektedir. Yeni projenin dönüştürme katsayıları toplamı, baz projenin dönüştürme katsayıları toplamından çıkartılarak; yeni projenin m<sup>2</sup> maliyetinin baz projeninkinden yüzde olarak ne kadar fazla veya eksik olduğu belirlenmektedir. Elde edilen değer baz projenin m<sup>2</sup> maliyeti ile çarpılarak, yeni projenin baz projeden farklılaşan maliyeti bulunmakta; bu değer baz proje m<sup>2</sup> maliyetine eklenerek, yeni projenin m<sup>2</sup> maliyeti elde edilmektedir. Hesaplanan yeni projenin m<sup>2</sup> maliyeti 2005 yılına aittir ve maliyet indeksi ile güncelleştirilebilmektedir.

Model, Eşitlik 1, Eşitlik 2, Eşitlik 3, Eşitlik 4'te verilen formüller yardımıyla kullanılabilir. Dönüştürme katsayıları Çizelge 3'de E sütunundan alınmaktadır. Fiyatların güncelleştirilmesinde ise, Devlet İstatistik Enstitüsü'nün yayınladığı inşaat maliyet indeksi değerlerinden yararlanılacaktır ([www.die.gov.tr](http://www.die.gov.tr)).

Elde edilen bu bulgular doğrultusunda model formül ile de ifade edilmektedir:

$$TL/M2 YB = [TL/M2 BB + TL/M2 BB \times (\Sigma DK_{K1} - \Sigma DK_{K0})] \times I_Z \quad (1)$$

$$\Sigma DK_1 = DK_{K1} + DK_{KDA1} + DK_{PB1} + DK_{DB1} + DK_{TS1} + DK_{KA1} + DK_{KY1} + DK_{SO1} + DK_{BO1} \quad (2)$$

$$\Sigma DK_0 = DK_{K0} + DK_{KDA0} + DK_{PB0} + DK_{DB0} + DK_{TS0} + DK_{KA0} + DK_{KY0} + DK_{SO0} + DK_{BO0} \quad (3)$$

TL/M2 YB = Yeni binanın m<sup>2</sup> maliyeti

TL/M2 BB = Baz binanın m<sup>2</sup> maliyeti

$\Sigma DK_1$  = Yeni binanın dönüştürme katsayıları toplamı

$\Sigma DK_0$  = Baz binanın dönüştürme katsayıları toplamı

$DK_{K1}$  = Yeni binanın kalite sınıfı dönüştürme sayısı

$DK_{K0}$  = Baz binanın kalite sınıfı dönüştürme sayısı

$DK_{KDA1}$  = Yeni binanın kattaki daire adedi sınıfı dönüştürme katsayısı

$DK_{KDA0}$  = Baz binanın kattaki daire adedi sınıfı dönüştürme katsayısı

$DK_{PB1}$  = Yeni binanın plan biçimi dönüştürme sayısı

$DK_{PB0}$  = Baz binanın plan biçimi sınıfı dönüştürme sayısı

$DK_{DB1}$  = Yeni binanın daire büyüklüğü sınıfı dönüştürme katsayısı

$DK_{DB0}$  = Baz binanın daire büyüklüğü sınıfı dönüştürme katsayısı

$DK_{TS1}$  = Yeni binanın tesisat sınıfı dönüştürme sayısı

$DK_{TS0}$  = Baz binanın tesisat sınıfı dönüştürme sayısı

$DK_{KA1}$  = Yeni binanın kat adedi sınıfı dönüştürme katsayısı

$DK_{KA0}$  = Baz binanın kat adedi büyüklüğü sınıfı dönüştürme katsayısı

$DK_{KY1}$  = Yeni binanın kat yüksekliği sınıfı dönüştürme sayısı

$DK_{KY0}$  = Baz binanın kat yüksekliği sınıfı dönüştürme sayısı

$DK_{SO1}$  = Yeni binanın saydamlık oranı sınıfı dönüştürme katsayısı

$DK_{SO0}$  = Baz binanın saydamlık oranı sınıfı dönüştürme katsayısı

$DK_{BO1}$  = Yeni binanın bodrum durumu sınıfı dönüştürme katsayısı

$DK_{BO0}$  = Baz binanın bodrum durumu sınıfı dönüştürme katsayısı

$I_Z$  = Zaman indeksi (İnşaat maliyet indeksi değeri)

$$TMYB (TL) = TL/M2 YB \times \dot{I}A (M2) \quad (4)$$

TMYB = Yeni binanın toplam maliyeti (TL)

TL/M2 YB= Yeni binanın m<sup>2</sup> maliyeti (TL/m<sup>2</sup>)

$\dot{I}A$  = İnşaat alanı (m<sup>2</sup>)

Çizelge 4'te görülen, Microsoft Excel programında hazırlanmış hesap tablosuna; faktör grubuna ait sınıflar yazıldıktan sonra, bunlara ait dönüştürme katsayıları Çizelge 3'de E sütunundan seçilerek yazılmaktadır. Hesaplanan maliyet, 2005 yılına ait olduğu için; elde edilen değer ileriye yönelik olarak, Devlet İstatistik Enstitüsü İnşaat Maliyet indekslerindeki değerlerle güncelleştirilebilmektedir.

#### 4.4. Modelin Sınanması

Faktör grubu sınıfları içinde yer almayan 7 farklı proje tasarlanarak, m<sup>2</sup> başına maliyetleri hem geliştirilen model, hem de keşif yöntemi ile hesaplanmıştır. Geliştirilen model ve keşif yöntemi ile hesaplanan m<sup>2</sup> maliyet değerleri de Çizelge 5'te, modelin sınanmasında kullanılan 7 projeye ait plan şemaları ve özellikler Çizelge 6'da görülmektedir. Çizelge 5'te de görüldüğü gibi, geliştirilen model ile hesaplanan 7 adet projenin m<sup>2</sup> maliyetleri, keşif yöntemi ile hesaplandığında %0,1 ile %7,7 arasında sapma görülmektedir.

Çizelge 4. Dönüştürme katsayıları ile maliyet hesabı (2005)

	Faktör Grupları (A)	Faktör Grubu Sınıfları (B)	Dönüştürme Katsayıları (C)
(1)	Kalite Sınıfı	Birinci Sınıf İnşaat	1,268
(2)	Kattaki Daire Adedi	Katta 2 daire	1,081
(3)	Plan Biçimi(Dış Duvar Alanı/Döşeme Alanı)	H Biçim	1,067
(4)	Daire Büyüklüğü	125-175 m <sup>2</sup> arası	0,954
(5)	Asansör Durumu	Asansörlü	1,000*
(6)	Kat Adedi	6 Katlı	1,002
(7)	Kat Yüksekliği	2,80 m.	1,019
(8)	Saydımlık Oranı (Pencere Alanı/ Dış Duvar Alanı)	0,15	1,000
(9)	Bodrum Durumu	Bodrumlu	1,058
(10)		Yeni projenin dönüştürme kats.toplamı	9,449
(11)		Baz projenin dönüştürme kats. toplamı	9,000
(12)		Yeni projenin dönüştürme katsayısı	1,449
(13)		İndeks değeri (2005)	1,000
(14)		<b>BAZ PROJENİN M2 MALİYETİ</b>	<b>180,07 TL/M2</b>
(15)		<b>YENİ PROJENİN M2 MALİYETİ</b>	<b>260,92 TL/M2</b>

\*5 katlıdan fazla katlı binaların Tip İmar Yönetmeliği'ne göre asansörlü olarak inşa edilmesi gerektiğinden, asansör faktörü 5 katlıdan fazla katlı binalarda kat adedi faktörü ile inşaat maliyetine girmiştir. 5 katlıdan fazla katlı binalar asansörlü sınıfında bulunmasına rağmen, dönüştürme katsayısı 1.00 olarak alınmıştır.

Çizelge 5. Modelin sınanması için kullanılan 7 projenin geliştirilen model ve keşif yöntemi ile hesaplanmış m<sup>2</sup> maliyet değerleri ve sapmalar

Proje Adı	Keşif Yöntemi M2 Maliyet (2005)	Geliştirilen Yöntem M2 Maliyet (2005)	Sapma (%)
PR-29	249,17	260,92	4,7
PR-30	221,90	234,99	5,9
PR-31	200,17	212,66	6,2
PR-32	268,62	289,19	7,7
PR-33	256,93	258,76	0,7
PR-34	230,15	230,49	0,1
PR-35	203,71	204,56	0,4

## 5. SONUÇLAR

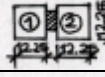
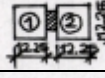
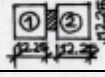
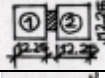
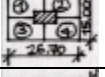
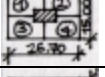
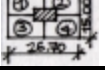
Çalışmanın sonucunda, ön tasarım aşamasında maliyeti etkileyen faktörlerin maliyeti etkileme oranları, Türkiye koşulları için tasarlanmış projeler üzerinden belirlenmiş ve bu oranlar kullanılarak dönüştürme katsayıları belirlenerek; ön tasarım aşamasında kullanılabilir bir maliyet tahmin modeli geliştirilmiştir.

Projelerin m<sup>2</sup> maliyetleri, faktör grubu sınıflarına ait dönüştürme katsayıları Çizelge 3 ve Şekil 1’de görülmektedir. Baz projenin m<sup>2</sup> maliyet değeri 100 kabul edilmekte ve faktör grubu sınıfları içinde yer alan projeler için m<sup>2</sup> maliyet değerleri hesaplanmaktadır. Bunlar Çizelge 3’te m<sup>2</sup> maliyet değerleri olarak da verilmektedir. Projelerin m<sup>2</sup> maliyet değerleri, faktör grubu içindeki sınıfların maliyeti etkileme oranlarını göstermektedir. Örneğin kalite sınıfları karşılaştırıldığında; lüks inşaatın m<sup>2</sup> maliyeti baz projeye göre %43, 1.sınıf inşaatın m<sup>2</sup> maliyetinin %27, 2.sınıf inşaatın m<sup>2</sup> maliyetinin %12 daha fazla olduğu görülmektedir.

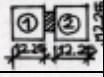
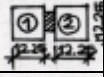
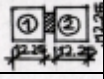
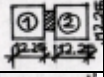
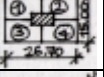
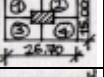
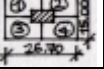
Yapılan çalışma sonucu elde edilmiş olan dönüştürme katsayıları kullanılarak bir maliyet tahmin modeli geliştirilmiştir. Dönüştürme katsayıları, formül Eşitlik 1, Eşitlik 2, Eşitlik 3 ve Eşitlik 4’te kullanılarak; yeni projenin m<sup>2</sup> ve toplam maliyetleri hesaplanabilmektedir. Bilgisayar programlarının avantajlarından yararlanılarak, modelin kullanımı kolaylaştırılmıştır.

Geliştirilen maliyet tahmin modeli inşaat maliyet indeksi yardımıyla güncelleştirilebildiği için ileriye yönelik olarak kullanılabilir.

Çizelge 6. Modelin sınanmasında kullanılan projeler

Proje Adı	Plan Şeması	Kalite Sınıfı	Kat Adedi	Plan Biçimi	Daire Büyüklüğü (m <sup>2</sup> )
PR-29		1. sınıf inşaat	6	H Biçim	125-175
PR-30		2. sınıf inşaat	6	H Biçim	125-175
PR-31		3. sınıf inşaat	6	H Biçim	125-175
PR-32		Lüks inşaat	6	H Biçim	125-175
PR-33		Lüks inşaat	5	Dikdörtgen	75-125
PR-34		1. sınıf inşaat	5	Dikdörtgen	75-125
PR-35		2. sınıf inşaat	5	Dikdörtgen	75-125

Çizelge 6. Modelin sınanmasında kullanılan projeler (Devamı)

Proje Adı	Plan Şeması	Kat Yüksekliği	Kattaki Daire Adedi	Tesisat Sistemi Sınıfı	Bodrum Durumu	Pencere Alanı Dış duvar Alanı
PR-29		2,80 m.	2	Asansörlü	Bodrumlu	0,15
PR-30		2,80 m.	2	Asansörlü	Bodrumlu	0,15
PR-31		2,80 m.	2	Asansörlü	Bodrumlu	0,15
PR-32		2,80 m.	2	Asansörlü	Bodrumlu	0,15
PR-33		2,70 m.	4	Asansörsüz	Bodrumsuz	0,20
PR-34		2,70 m.	4	Asansörsüz	Bodrumsuz	0,20
PR-35		2,70 m.	4	Asansörsüz	Bodrumsuz	0,20

**KAYNAKLAR**

- Bathurst P.E., Butler D.A. (1982): "Building Cost Control Techniques And Economics", 2<sup>nd</sup> Edition, William Heinemann Ltd., London.
- Bauer M. (1998): "Parametric Cost Estimating Model For Buildings", U.S.A., AACE International.
- Belfield D..E. (1977): "Initial Cost Estimating", The Architects' Journal, s. 1037-1042.
- Bostancıoğlu E. (1999): "Ön Tasarım Evresinde Maliyeti Etkileyen Faktörler ve Faktörlere Dayalı Bir Maliyet Tahmin Modeli", Yayınlanmamış Doktora Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Brandon P.S., Moore R.G., Main P.R. (1985): "Computer Programs For Building Cost Appraisal", Great Britain, Collins Professional And Technical Boks, s. 56-73.
- Çıracı M. (1996): "Konutlarda Maliyet Tahmini İçin Bir Model", Ankara, T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Konut Araştırmaları Dizisi-6.
- Deters K. (1982): "Wirtschaftlich Bauen, Auswirkungen Von Planungsmassnahmen Die Baukosten", Aus Der Bauforschung Für Die Baupraxis, Heft 6, 423-427.
- Ferry D., Brandon P. (1986): "Cost Planning Of Buildings", 5<sup>th</sup> Edition, Great Britain, Collins Professional And Technical Books.
- Kraentzer K.R. (1962): "Konut İnşaatlarında Yapı Maliyetine Etkiler", (Çev. Cemal Yazar), İmar İskan Bakanlığı Mesken Genel Müdürlüğü Sosyal Araştırma Dairesi, Ankara.
- Pişirci E., Dinç T., Demirkan H. (1986): "Toplu Konut Kat Adedi-Maliyet İlişkisi", Tübitak Yapı Araştırma Enstitüsü, Rapor No: h122, Ankara.
- Raftery J. (1991): "Principles Of Building Economics", London, An Introduction Oxford BSP Professional Book.
- Schaffler G. (1977): "Das Planungsökonomische Informationssystem-Ein Gebaudetypbezogenes Kostenermittlungsverfahren", Bauwirtschaft, Heft 50, s. 2259-2263.
- Schaffler G. (1978), "Planungsökonomische Informationen Für Ein Gebaudetypbezogenes Kostenermittlungsverfahren Kenforschungszentrum Karlsruhe GmbH", Karlsruhe.
- Seeley I.H. (1986): "Building Economics", 3<sup>rd</sup> Edition, Great Britain, Macmillan Education Ltd.
- T.C. Maliye Bakanlığı (1994): "Emlak Vergisi Beyanname Düzenleme Rehberi", Ankara.
- T.M.M.O.B. İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi (1996): "Yapı İşleri Mevzuatı El Kitabı", Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2000): "TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları", Ankara.

**SEMBOL LİSTESİ**

TL/M2 YB = Yeni binanın m<sup>2</sup> maliyeti

TL/M2 BB = Baz binanın m<sup>2</sup> maliyeti

$\Sigma DK_1$  = Yeni binanın dönüştürme katsayıları toplamı

$\Sigma DK_0$  = Baz binanın dönüştürme katsayıları toplamı

DK<sub>K1</sub> = Yeni binanın kalite sınıfı dönüştürme sayısı

DK<sub>K0</sub> = Baz binanın kalite sınıfı dönüştürme sayısı

DK<sub>KDA1</sub> = Yeni binanın kattaki daire adedi sınıfı dönüştürme katsayısı

DK<sub>KDA0</sub> = Baz binanın kattaki daire adedi sınıfı dönüştürme katsayısı

DK<sub>PB1</sub> = Yeni binanın plan biçimi dönüştürme sayısı

DK<sub>PB0</sub> = Baz binanın plan biçimi sınıfı dönüştürme sayısı

DK<sub>DB1</sub> = Yeni binanın daire büyüklüğü sınıfı dönüştürme katsayısı

DK<sub>DB0</sub> = Baz binanın daire büyüklüğü sınıfı dönüştürme katsayısı

DK<sub>TS1</sub> = Yeni binanın tesisat sınıfı dönüştürme sayısı

DK<sub>TS0</sub> = Baz binanın tesisat sınıfı dönüştürme sayısı

DK<sub>KA1</sub> = Yeni binanın kat adedi sınıfı dönüştürme katsayısı

DK<sub>KA0</sub> = Baz binanın kat adedi büyüklüğü sınıfı dönüştürme katsayısı

DK<sub>KY1</sub> = Yeni binanın kat yüksekliği sınıfı dönüştürme sayısı

DK<sub>KY0</sub> = Baz binanın kat yüksekliği sınıfı dönüştürme sayısı

DK<sub>SO1</sub> = Yeni binanın saydamlık oranı sınıfı dönüştürme katsayısı

DK<sub>SO0</sub> = Baz binanın saydamlık oranı sınıfı dönüştürme katsayısı

DK<sub>BO1</sub> = Yeni binanın bodrum durumu sınıfı dönüştürme katsayısı

DK<sub>BO0</sub> = Baz binanın bodrum durumu sınıfı dönüştürme katsayısı

$I_Z$  = Zaman indeksi (İnşaat maliyet indeksi değeri)

TMYB = Yeni binanın toplam maliyeti (TL)

TL/M2 YB= Yeni binanın m<sup>2</sup> maliyeti (TL/m<sup>2</sup>)

$I_A$  = İnşaat alanı (m<sup>2</sup>)