

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPI PARAMETRELERİNİN DEĞİŞİMİ İLE  
YAKLAŞIK KABA İNŞAAT MALİYET TAHMİNİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ümit GÜLÇİÇEK**

**Enstitü Anabilim Dalı : YAPI EĞİTİMİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ömer ÖZKAN**

**Mart 2011**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPI PARAMETRELERİNİN DEĞİŞİMİ İLE  
YAKLAŞIK KABA İNŞAAT MALİYET TAHMİNİ**

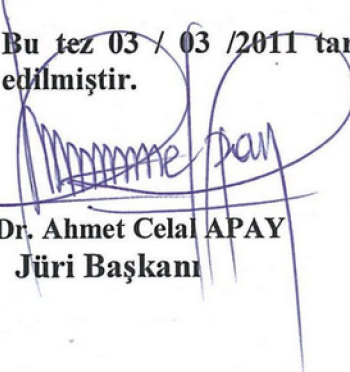
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yapı Eğitimi Ümit GÜLÇİÇEK**

**Enstitü Anabilim Dalı : YAPI EĞİTİMİ**

**Enstitü Bilim Dalı : YAPI EĞİTİMİ**

**Bu tez 03 / 03 /2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.**

  
**Prof. Dr. Ahmet Celal APAY**  
**Jüri Başkanı**

  
**Doç. Dr. Ömer ÖZKAN**  
**Üye**

  
**Yrd. Doç. Dr. İsmail Hakkı DEMİR**  
**Üye**

## **TEŐEKKÖR**

Çalıőmalarımnda yardımını esirgemeyen, akademik hayatında edindiği tecrübe ve bilgi birikimiyle tezimin tüm aőamalarında yol gösteren Doç. Dr. Ömer ÖZKAN'a minnet ve őükranlarımı sunarım. Ayrıca maddi manevi desteğini her zaman hissettiğim arkadaşlarıma müteőekkirim. Çalıőmalarımın baőından sonuna dek bana inanan, destek veren aileme sonsuz teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET .....	xi
SUMMARY .....	xii

## BÖLÜM 1

GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırmanın Amacı ve İzlenen Yollar.....	2
1.2. Kullanılan Yapı Model ve Özellikleri.....	5
1.3. Bina/Yapı Önem Katsayısı .....	5
1.4. Zemin Sınıfı .....	6
1.4.1. Deprem spectrum eğrisi .....	8
1.5. Deprem Bölgesi.....	11
1.6. Yapay Zekâ .....	13
1.6.1. Yapay zekânın amaçları .....	13
1.6.2. Yapay sinir ağları.....	14
1.6.3. YSA'nın yapısı ve işleyişi.....	14
1.6.4. Yapay sinir ağları için hazır ara yüzler .....	16

## BÖLÜM 2

TEORİK ESASLAR VE HESAP ESASLARI .....	17
2.1. Yapıya Etkiyen Yükler .....	17
2.1.1. Düşey Yükler .....	17
2.1.2. Yatay Yükler .....	18
2.2. Yük Güvenlik Katsayıları .....	18
2.3. Malzeme Güvenlik Katsayıları .....	19
2.4. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R).....	19

## BÖLÜM 3

DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI .....	21
3.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Temel İlkeleri.....	21
3.1.1. Geometri.....	22
3.1.2. Süreklilik .....	22
3.1.3. Rijitlik ve Dayanım.....	23
3.1.4. Süneklik.....	23
3.2. Plandaki Düzensizlikler .....	24
3.2.1. A1 Burulma Düzensizliği.....	24
3.2.2. A2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği .....	26
3.2.3. A3 Planda Geometri Düzensizliği .....	27
3.2.4. A4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Düzensizliği .....	27
3.2.5. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) .....	28
3.2.6. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat).....	29
3.2.7. B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlardaki Süreksizlik Düzensizliği .....	30

## BÖLÜM 4

HESAP YÖNTEMİ.....	31
--------------------	----

4.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi .....	31
4.2. Mod Birleştirme Yöntemi .....	31
4.3. Analiz Sonrası Yapılması Gereken Kontroller .....	32
4.3.1. Kuvvetli Kolon Zayıf Kiriş Kontrolü .....	32
4.3.2. Kesme Güvenliğı Kontrolü .....	34
4.4. Kullanılan Yazılım: İDESTATİK 6.2007.....	35
4.4. Bu Projede Kullanılan NeuroSolutions Microsoft Excel Eklentisi.....	38

## BÖLÜM 5

BULGULAR VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	40
5.1. 7 Katlı Bina .....	55
5.1.1. Bina Önem Katsayısı .....	55
5.1.2. Deprem Bölgesi .....	56
5.1.3. Zemin Sınıfı.....	57
5.2. 15 Katlı Bina .....	58
5.2.1. Bina Önem Katsayısı .....	58
5.2.2. Deprem Bölgesi .....	59
5.2.3. Zemin Sınıfı.....	60
5.3. Elde Edilen Verilerin YSA İle Tahmini .....	60

## BÖLÜM 6

SONUÇLAR .....	63
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ .....	67

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$A_0$	: Etkin yer ivme katsayısı
$E$	: Deprem yükü
$F_d$	: Hesap yükü
$f_{ck}$	: Beton basınç karakteristik dayanımı
$f_{cd}$	: Beton basınç hesap dayanımı
$f_{ctd}$	: Beton çekme hesap dayanımı
$f_{ctk}$	: Beton çekme karakteristik dayanımı
$f_{yd}$	: Çelik hesap dayanımı
$f_{yk}$	: Çelik karakteristik dayanımı
$G$	: Ölü yük
$Hz$	: Hertz
$I$	: Bina önem katsayısı
$M_{rū} + M_{ra}$	: Kolon eğilme moment kapasitesi
$M_{ri} + M_{rj}$	: Kiriş eğilme moment kapasitesi
$R$	: Taşıyıcı system davranış katsayısı
$V_e$	: Birleşim bölgelerinde kesme kuvveti
$V_{kol}$	: Kolon kesme kuvveti
$W$	: Rüzgar yükü
$Q$	: Hareketli yük
$\gamma_{SA}$	: Yapay sinir ağları
$\gamma_{mc}$	: Beton güvenlik katsayısı
$\gamma_{ms}$	: Çelik güvenlik katsayısı
$\eta_{bi}$	: A1 burulma düzensizliği katsayısı
$\eta_{ki}$	: Kat ötelenme oranı

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	7 ve 15 Katlı Çerçeve Sistem Modeli.....	4
Şekil 1.2.	7 ve 15 Katlı Modelin Perspektifi.....	4
Şekil 1.3.	17 Ağustos 1999 Depreminde Adapazarı'nda Yan Yatan Bina	7
Şekil 1.4.	Farklı Zeminlerde İvme Spektrumu ve Periyod Arasındaki İlişki.	8
Şekil 1.5.	Sönümlü Serbest Titreşim Hareketi.....	9
Şekil 1.6.	Yarımcı İstasyonu-Kuzey Güney Doğrultu Sönüm Oranı.....	10
Şekil 1.7.	Yarımcı İstasyonu-Kuzey Güney Doğrultusu Periyoda Bağlı İvme Spektrumu.....	17
Şekil 1.8.	Türkiye'nin Deprem Bölgeleri Haritası.....	12
Şekil 1.9.	Sinir Sisteminin Blok Diyagramı.....	15
Şekil 1.10.	Yapay Nöronun Genel Yapısı.....	15
Şekil 1.11.	Yapay Sinir Ağlarının Çalışma Prensipleri.....	16
Şekil 2.1.	Yapı Davranış Katsayısının Belirlenmesi .....	20
Şekil 3.1.	Yük Deformasyon İlişkisi .....	24
Şekil 3.2.	A1 Burulma Düzensizliği .....	25
Şekil 3.3.	A2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği.....	26
Şekil 3.4.	A2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği.....	26
Şekil 3.5.	A2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği.....	26
Şekil 3.6.	A3 Planda Çıkıntı Düzensizliği. ....	27
Şekil 3.7.	A4 Türü Düzensizlik .....	28
Şekil 3.8.	B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği .....	29
Şekil 3.9.	Yumuşak Kat .....	29
Şekil 3.10.	Kolonların Konsol ve Guselere Oturtulması.....	30
Şekil 3.11.	Kolonun İki Ucundan Mesnetli Kirişe Oturtulması Durumu.....	30
Şekil 3.12.	Perdenin Kolonlara Oturtulması Durumu.....	30



Şekil 3.13.	Perdenin Kirişe Oturtulması Durumu.....	30
Şekil 4.1.	Tipik Mod Türleri.....	32
Şekil 4.2.	Mod Birleştirme Yöntemi .....	32
Şekil 4.3.	Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesinde Güç Tükenmesinde Oluşan Etkiler .....	33
Şekil 4.4.	Kuşatılmış Kolon- Kiriş Birleşim Bölgesi.....	34
Şekil 5.1.	7 Katlı Binanın Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği.....	41
Şekil 5.2.	7 Katlı Binanın Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfı Maliyet Değişim Grafiği.....	42
Şekil 5.3.	7 Katlı Binanın Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği.	43
Şekil 5.4.	7 Katlı Binanın Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfı Maliyet Değişim Grafiği.....	44
Şekil 5.5.	7 Katlı Binanın İkinci Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği.	45
Şekil 5.6.	7 Katlı Binanın İkinci Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfının Maliyet Değişim Grafiği.....	46
Şekil 5.7.	7 Katlı Binanın Birinci Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği.	47
Şekil 5.8.	7 Katlı Binanın Birinci Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfının Maliyet Değişim Grafiği.....	48
Şekil 5.9.	15 Katlı Binanın Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği.....	49
Şekil 5.10.	15 Katlı Binanın Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfının Maliyet Değişim Grafiği.....	49
Şekil 5.11.	15 Katlı Binanın Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği.	50

Şekil 5.12.	15 Katlı Binanın Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfının Maliyet Değişim Grafiği.....	51
Şekil 5.13.	15 Katlı Binanın İkinci Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği.	52
Şekil 5.14.	15 Katlı Binanın İkinci Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfının Maliyet Değişim Grafiği.....	52
Şekil 5.15.	15 Katlı Binanın Birinci Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği.	53
Şekil 5.16.	15 Katlı Binanın Birinci Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfının Maliyet Değişim Grafiği.....	54
Şekil 5.17.	7 Katlı Binanın, Bina Önem Katsayısının Deprem Bölgesi ve Zemin Sınıfına Bağlı Olarak Meydana Gelen Maliyet Yüzde Değişimi.....	55
Şekil 5.18.	7 Katlı Binanın, Deprem Bölgesinin Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Bağlı Olarak Meydana Gelen Maliyet Yüzde Değişimi.....	56
Şekil 5.19.	7 Katlı Binanın Zemin Sınıfının, Deprem Bölgesi ve Bina Önem Katsayısına Bağlı Olarak Meydana Gelen Maliyet Yüzde Değişimi.....	57
Şekil 5.20.	15 Katlı Binanın, Bina Önem Katsayısının Deprem Bölgesi ve Zemin Sınıfına Bağlı Olarak Meydana Gelen Maliyet Yüzde Değişimi.....	58
Şekil 5.21.	15 Katlı Binanın, Deprem Bölgesinin Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Bağlı Olarak Meydana Gelen Maliyet Yüzde Değişimi.....	59
Şekil 5.22.	15 Katlı Binanın Zemin Sınıfının, Deprem Bölgesi ve Bina Önem Katsayısına Bağlı Maliyet Yüzde Değişimi.....	60
Şekil 5.23.	Kaba İnşaat Maliyet Performansı.....	61
Şekil 5.24.	Gerçek ve Tahmin Edilen Kaba İnşaat Maliyeti.....	62

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.	Analiz Yapılan Proje Değişkenleri.....	3
Tablo 1.2.	Bina Önem Katsayısı.....	6
Tablo 1.3.	Spektrum Karakteristik Periyotlar/ ( $T_A$ , $T_B$ ).....	11
Tablo 1.4.	Deprem Bölgesine Göre Etkin Yer İvmesi.....	13
Tablo 5.1.	7 Katlı Binanın Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti.....	41
Tablo 5.2.	7 Katlı Binanın Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti.....	43
Tablo 5.3.	7 Katlı Binanın İkinci Derece Deprem Bölgesinde Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti.....	45
Tablo 5.4.	7 Katlı Binanın Birinci Derece Deprem Bölgesinde Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti.....	47
Tablo 5.5.	15 Katlı Binanın Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti.....	48
Tablo 5.6.	15 Katlı Binanın Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti.....	50
Tablo 5.7.	15 Katlı Binanın İkinci Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti.....	51
Tablo 5.8.	15 Katlı Binanın Birinci Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti.....	53
Tablo 5.9.	Kaba inşaat maliyet test performansı Sayısal Verileri.....	61
Tablo 5.10.	YSA Kaba İnşaat Yaklaşık Maliyet Tahmin Performansı.....	62

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Bina önem katsayısı, Deprem bölgesi, Zemin türü, Yapay sınır ağları, Statik proje, Yaklaşık kaba inşaat maliyet

Günümüzde inşaat dünyasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, başta insan hayatını güvenceye almak ve bunun yanında minimum maliyet ile maksimum verim elde etmektir. Dolayısıyla bunu sağlayabilmek için, bir yapı inşa edilirken öncelikle hangi amaçla kullanılacağı ve inşa edileceği alanın koşulları saptanmalıdır. Bu çalışmada, 7 ve 15 katlı aynı tip proje incelenmiştir. Projeler; 4 farklı deprem bölgesine (1, 2, 3 ve 4 derece), 4 farklı zemin sınıfına (Z1, Z2, Z3, Z4) ve 4 farklı bina önem katsayısına (1; 1,2; 1,4 ve 1,5) göre statik ve betonarme analizi İDESTATİK 6.2007 yazılımı ile yapılmıştır. Bu analiz sonucunda elde edilen kalıp, donatı ve beton metraj değerleri yapay sınır ağları ile programlanarak yaklaşık kaba inşaat maliyet tahmini yapılmıştır.

# **APPROXIMATE ROUGH CONSTRUCTION COST ESTIMATION VIA THE CHANGE OF COSTRUCTION PARAMETRES**

## **SUMMARY**

Key Words: Building importance factor, Earthquake area, Soil class, Artificial neural nets, Static project, Approximate rough construction cost

Today, the most significance subject to take care in construction market is initially to secure the human life and besides, to obtain maximum efficiency with minimum cost. Therefore, to provide this, for which purpose it will be used and the site condition should be determined. In this study, two identical projects that are septuple and fifteen-storey are examined. The projects are designed according to four different earthquake zone (grade 1,2,3,4), four different soil class, (Z1, Z2 ,Z3 ,Z4 ) and four different building importance factor (1; 1,2; 1,4 ve 1,5) whose static and ferroconcrete analysis were done via IDESTATIC 6.2007 software. The aquired formwork, following the analysis, the reinforcement and quantities values programmed with artificial neural nets, approximate rough construction cost is estimated.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde, inşaat dünyasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, başta insan hayatını güvence altına almak ve bunun yanında da minimum maliyet ile maksimum verim elde etmektir. Dolayısıyla bir yapı inşa edilirken öncelikle güvenlik, kalite ve maliyet göz önünde bulundurulması gereken önemli unsurlardır.

Uygun zemin, doğru proje, kaliteli üretim ile uygulama ve denetim gibi öğelerin bir bütün halinde doğru olarak gerçekleşmesi ile bir yapının genel güvenliği sağlanabilir. Bu nedenle Mühendislik; üretimde sağlamlık, estetik ve ekonomi arasındaki optimum çözümü bulabilme sanatı olarak ifade edilebilir. Bir yapı inşa edilirken dayanım, durabilite (dayanıklılık), ekonomi, fonksiyon ve estetik unsurları bir bütün olarak göz önünde bulundurulmalıdır. Bu unsurlar ayrı ayrı düşünüldüğünde ileriki aşamalarda ciddi problemlerle karşılaşılabilir. Örneğin, inşa edilecek yapı ekonomik olsun diye dayanım ve durabilitesini ikinci plana atamayız veya dayanımını göz önünde bulundurup fonksiyonelliğini ve ekonomikliğini göz ardı edemeyiz. Bu sebeple dayanım, durabilite, ekonomi, fonksiyon ve estetik unsurları arasında optimum yaklaşımının sağlanması gerekmektedir. Bu konuda mühendislere büyük sorumluluklar düşmektedir [1].

İnsan, doğası gereği yaşayabilmek için yeme, içme gibi temel ihtiyaçlarının yanında barınma, dış etkenlerden korunma, özel hayatını koruma gibi ihtiyaçları da mevcuttur. Dolayısıyla her bir ihtiyacın giderilebilmesinin bir bedeli vardır. Bir binanın, bir hastanenin, bir sosyal tesis kompleksinin, bir köprünün maliyeti çok büyük boyutlara ulaşabilir. Dolayısıyla bu yapı ihtiyaçları bir bütün olarak düşünüldüğünde kaynakların kısıtlı ve insan ihtiyacının sınırsız olduğu da göz önüne alındığında maliyetlerin çok titiz bir şekilde işlenmesi gerektiği görülür.

İnşaat dünyasında proje uygulanırken iş akışında herhangi bir pürüz çıkmaması için daha fikir aşamasındayken finansal modelin doğru bir şekilde kurulması, nakit akışından kaynaklanan problemlerin giderilmesi ve milli servet kayıplarının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu ancak maliyet tahmininin doğru bir şekilde yapılmasıyla mümkün olabilmektedir [2].

Değişik amaçlarla yapılan maliyet sınıflandırmaları, yönetimlere; planlama, karar verme ve kontrol konularında çeşitli yararlar sağlamaktadır. İnşaat maliyetleri pek çok faktöre bağlı bulunmaktadır. Günün ekonomik şartları, inşaatın yapıldığı yer ve zaman, inşaatçı firma ve kullandığı teknoloji bunlardan bazılarıdır. İnşaatlarda maliyet; kullanılan hammaddenin miktarına, fiyatına ve işçilik ücretine bağlı olmakla birlikte özel durumlardan da etkilenmektedir. Müşterilerin istekleri, devlet ve yerel idarelerin getirdiği sınırlamalar, çevre koşulları ve estetik görünüm mimari proje oluşturulmasında önemli etkenlerdir. Ayrıca inşaat yeri, buradaki zeminin yapısı ve kullanılacak teknoloji aynı şekle sahip inşaatlarda bile farklı maliyetlerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir [3].

Türkiye’de proje tasarım öncesi maliyet tahmini, toplam bina inşaat alanı ile birim  $m^2$  inşaat maliyetinin çarpılmasıyla elde edilmektedir. Bina birim  $m^2$  inşaat maliyeti olarak ise T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı’na ait yapı yaklaşık birim maliyetleri kullanılmaktadır. Hâlbuki inşaatın yapılacağı yer, binanın kat yüksekliği, kat sayısı, bodrum katın olup olmadığı dış duvar tipi, vb. değişkenler inşaat maliyetini önemli derecede etkileyen faktörlerdir [2]. Bu değişkenlerin dışında bina önem katsayısı, zemin sınıfı, deprem bölgesi, rijitlik katsayısı gibi değişkenler de yapı maliyetini önemli derecede etkileyen faktörlerdir.

### **1.1. Araştırmanın Amacı ve İzlenen Yollar**

Bu çalışmada; çerçevesi sisteme sahip  $576,38 m^2$  kat planına sahip bir binanın 7 ve 15 katlı modelleri oluşturularak birinci ( $A_0=0.4$ ), ikinci ( $A_0=0.3$ ), üçüncü ( $A_0=0.2$ ) ve dördüncü ( $A_0=0.1$ ) dereceden deprem bölgelerinin her birinde Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarının her biri için de  $I=1$ ;  $I=1,2$ ;  $I=1,4$  ve  $I=1,5$  bina önem katsayısı için statik-betonarme hesapları yapılmıştır.

Tablo 1.1. Analiz Yapılan Proje Değişkenleri

Deprem Bölgesi	Zemin Sınıfı	Bina Önem Katsayısı	Deprem Bölgesi	Zemin Sınıfı	Bina Önem Katsayısı
1.Derece	Z1	1,0	3.Derece	Z1	1,0
		1,2			1,2
		1,4			1,4
		1,5			1,5
	Z2	1,0		Z2	1,0
		1,2			1,2
		1,4			1,4
		1,5			1,5
	Z3	1,0		Z3	1,0
		1,2			1,2
		1,4			1,4
		1,5			1,5
	Z4	1,0		Z4	1,0
		1,2			1,2
		1,4			1,4
		1,5			1,5
2.Derece	Z1	1,0	4.Derece	Z1	1,0
		1,2			1,2
		1,4			1,4
		1,5			1,5
	Z2	1,0		Z2	1,0
		1,2			1,2
		1,4			1,4
		1,5			1,5
	Z3	1,0		Z3	1,0
		1,2			1,2
		1,4			1,4
		1,5			1,5
	Z4	1,0		Z4	1,0
		1,2			1,2
		1,4			1,4
		1,5			1,5

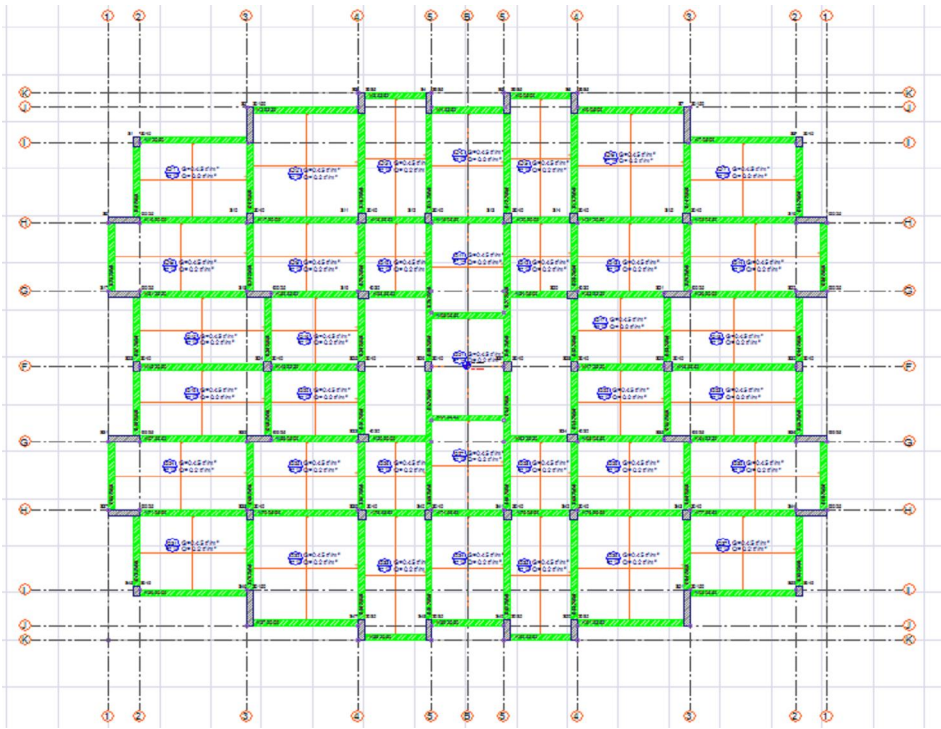
Bunun asıl amacı; 2007 deprem yönetmeliği esaslarına göre tasarlanmış çerçeve sistemli betonarme yapıların deprem bölgesi, yerel zemin sınıfı ve bina önem katsayısı parametrelerinin, yapı taşıyıcı sistemi olan kaba inşaat maliyet değişimine etkilerini araştırmaktır.

Bunun için daha önce uygulanmış perdeli çerçeve sistem olan bir TOKİ projesi, model alınarak çerçeve sistemine dönüştürülmüştür. Çerçeve sistemine dönüştürülen bu proje, İdeCAD Statik 6.2007 yazılımı kullanılarak taşıyıcı sistem elemanları (temel, kolon, kiriş ve döşeme) güvenli olmak şartıyla minimum ölçülerde

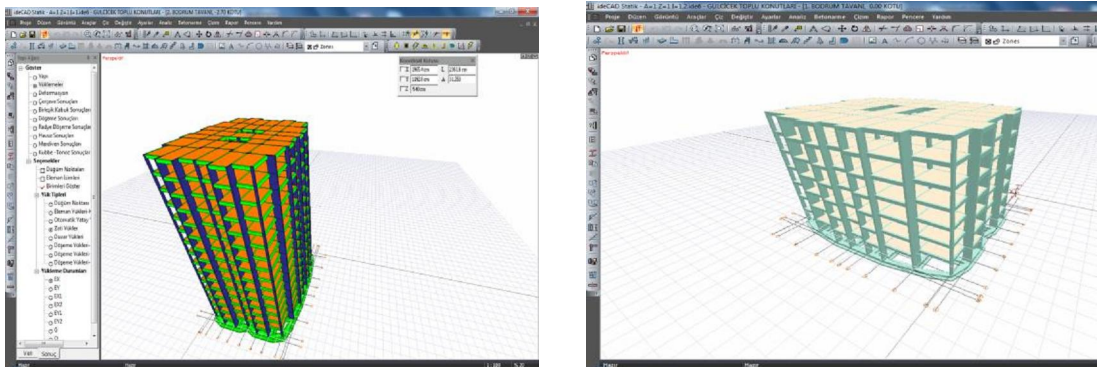


boyutlandırılmış ve analiz yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, kesiti yetersiz gelen taşıyıcı sistem elemanlarının kesitleri, güvenli olacak şekilde büyütülmüştür.

Her bir projenin analiz sonuçlarına göre beton, demir ve kalıp metrajları çıkartılmış olup Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nın 2010 da öngörmüş olduğu inşaat birim fiyatları ele alınarak kaba inşaat maliyet hesabı yapılmıştır. Alınan bu maliyet sonuçları Neuro Solutions yapay sinir ağları ile programlanarak, yaklaşık kaba inşaat maliyet tahmini yapılmıştır.



Şekil 1.1. 7 ve 15 Katlı Çerçevesel Sistemin Modeli



Şekil 1.2. 7 ve 15 Katlı Modelin Perspektifi

## 1.2. Kullanılan Yapı Model ve Özellikleri

Kullanılan Yönetmelik	: 2007 Deprem Yönetmeliği- Süneklilik Düzeyi Yüksek
Bina Türü	: Değişken
Kat Sayısı	: 7 ve 15
Kat Yüksekliği	: 2,70
Beton Sınıfı	: C20/(BS20)
Çelik Sınıfı	: S420
Deprem Bölgesi	: 1, 2, 3, 4
Deprem Yüğü Yöntemi	: Mod Birleştirme
R Katsayısı	: 8
Zemin Emniyet Gerilmesi	: 20 tf/m <sup>2</sup>
Döşeme Kalınlığı	: 12 cm
Kiriş Boyutları	: Önce minimum 25/50 alınmıştır. Daha sonra analiz sonuçlarına göre tekrar boyutlandırılmıştır.
Kolon Boyutları	: Önce minimum 25/30 alınmıştır. Daha sonra analiz sonuçlarına göre tekrar boyutlandırılmıştır.
Zati Yüğü Katsayısı	: 1,4
Hareketli Yüğü Katsayısı	: 1,6

## 1.3. Bina/Yapı Önem Katsayısı

Nüfusun hızla artması, teknolojinin gelişmesiyle meydana gelen enerji gereksinimi, daha lüks yaşama arzusu, kültürlerin değişmesi ve doğal afetler gibi etkenler inşaat alanında önemli derecede yapı inşa gereksinimine sebep olmaktadır. Dolayısıyla sürekli olarak artan bu gereksinimler ekonomiyi derinden yaralamaktadır. Bu yüzden inşaat dünyasının temel amacı, insan hayatını ve yapıyı güvence altına alarak minimum maliyet ile maksimum verim elde etmektir. Bunu sağlamanın ilk yolu, yapılacak olan yapının kullanım amacını belirleyip, kullanım yoğunluğuna, tehlike arz edip etmediğine ve deprem sonrası kullanılıp kullanılmayacağına bağlı olarak önemlilik derecesine göre bina/yapı önem katsayı (I) ile yapı güvenli tarafta tutulmalıdır. Bina önem katsayısı değeri, binanın kullanım amacına göre deprem

yönetmeliğinden alınır. Hesap yöntemi olarak, deprem yönetmeliği seçimine göre bina önem katsayısı alınır.

Tablo 1.2. Bina Önem Katsayısı [4]

BİNANIN KULLANIM AMACI VEYA TÜRÜ	BİNA ÖNEM KATSAYISI
<p><b><u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u></b></p> <p>a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)</p> <p>b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p>	1.5
<p><b><u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u></b></p> <p>a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.</p> <p>b) Müzeler</p>	1.4
<p><b><u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u></b></p> <p>Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.</p>	1.2
<p><b><u>4. Diğer binalar</u></b></p> <p>Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)</p>	1.0

#### 1.4. Zemin Sınıfı

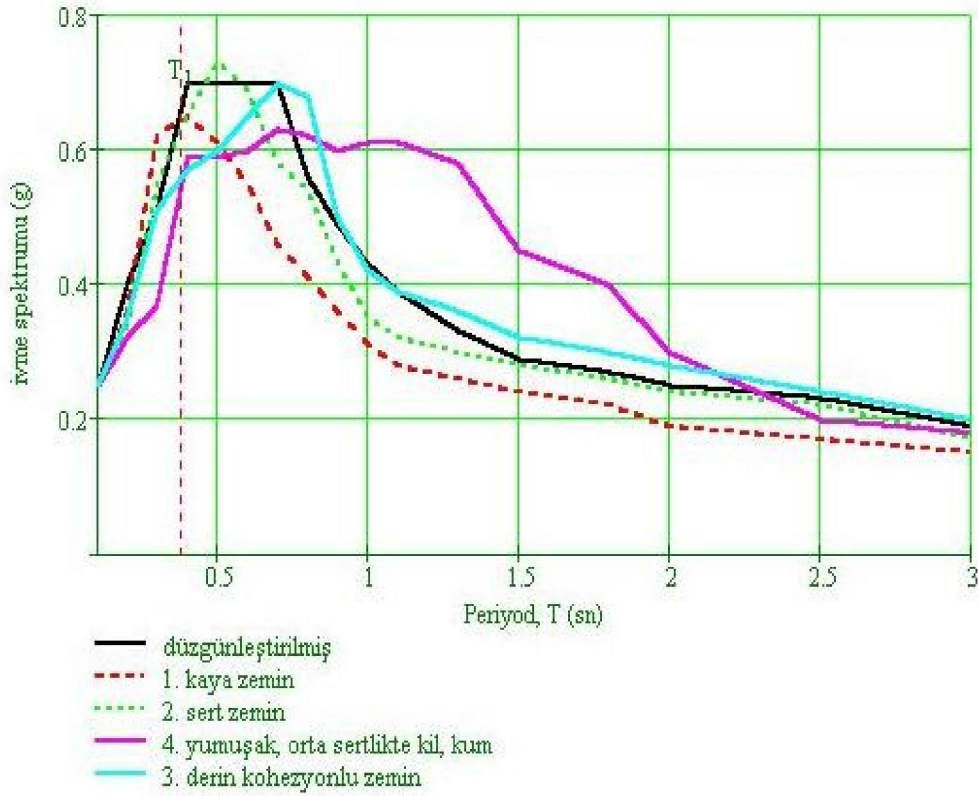
Bir yapı inşa edileceği zaman öncelikle hangi zemin türünde inşa edileceğinin belirlenmesi çok önemlidir. Çünkü yapı ne kadar sağlam olursa olsun zemin ile

gerekli uyumu sağlamadığı müddetçe ayakta kalamaz. 17 ağustos 1999 Sakarya depreminde yapıların yan yatması, bunun bir kanıtıdır. (Şekil 1.3)



Şekil 1.3. 17 Ağustos 1999 Depreminde Adapazarı'nda Yan Yatan Bina

Aynı deprem büyüklüğünde iki farklı zeminde oluşan maksimum ivmeler incelendiğinde, sağlam zeminlerin maksimum (kaya zeminler gibi) ivme değerleri zayıf zemine (Adapazarı zemini gibi) göre biraz daha fazladır. Sağlam zeminlerde maksimum ivmelerin görüldüğü periyot aralığı kısadır. 0,1 saniye ile 0,4 saniye aralığında maksimum ivme oluşur ve 0,5 periyodundan sonra hızla düşerek etkisini kaybeder. Yapının periyodu 1 sn civarında ise, sağlam zeminde deprem ivmesi daha az hissedilir. Böylece yapının depremden büyük bir hasar almadan kurtulması sağlayabilir. Zeminlerin ivme spektrumu ve periyot arasındaki ilişkisi Şekil 1.4'de verilmektedir. Zayıf zeminlerin maksimum ivme değerleri sağlam zemine göre daha az olmasına karşın maksimum ivmelerin görüldüğü periyot aralığı çok daha uzundur. Bu zeminlerde 0,3 saniye ile 1,3 saniye aralığında maksimum ivmeler oluşur. Bu nedenle zayıf zeminde sadece alçak katlı binalara izin verilmelidir [5].

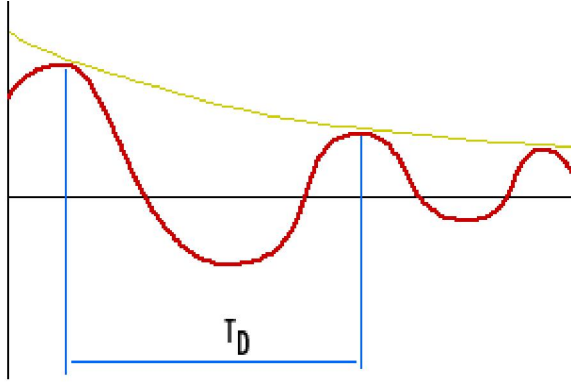


Şekil 1.4. Farklı Zeminlerde İvme Spektrumu ve Periyod Arasındaki İlişki [5]

#### 1.4.1. Deprem spectrum eğrisi

Deprem; farklı periyod, frekans ve sönüme sahip, basit dalgasal hareketlerden oluşan harmonik titreşimlerdir. Periyod, bir dalgasal hareketin iki tepe noktası arasındaki zaman aralığıdır. Bir başka deyişle hareketin kendini bir kere tekrarı için gereken zamandır. Şekil 1.5’de TD ile gösterilen değer bu titreşim hareketinin periyodu olur. Frekans ise birim zamanda yapılan periyodik hareket sayısıdır.

Frekans, 1 saniyede bir harmonik hareketin kendini tekrar etme sayısıdır ve birimi de Hertz (Hz) olarak tanımlanmıştır. Sönüm ise basit olarak titreşim hareketinin başladığı andan itibaren zaman içinde büyüklüğünün azalması veya sönmesidir.



Şekil 1.5. Sönümlü Serbest Titreşim Hareketi

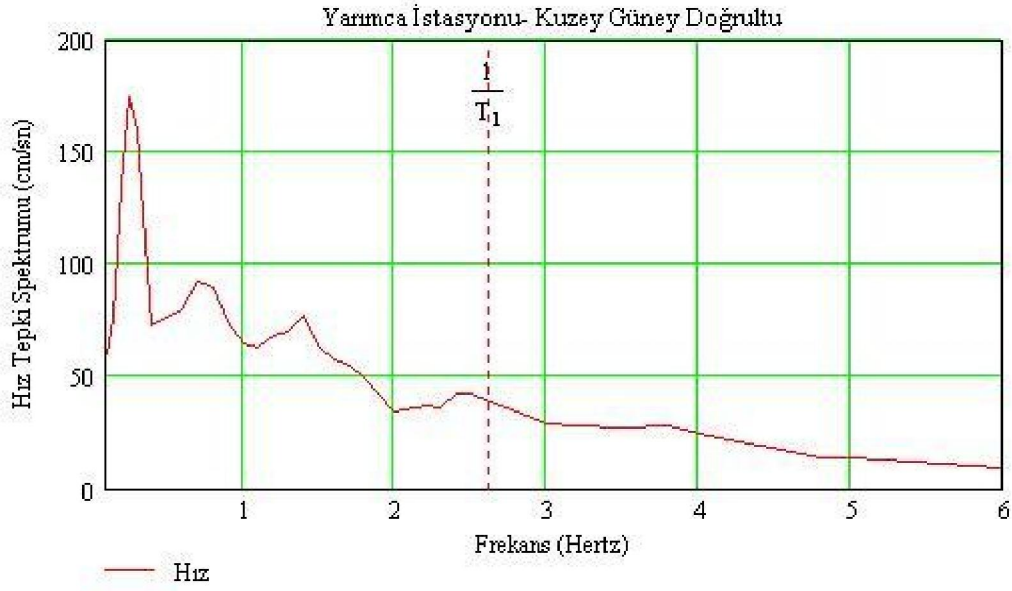
Binalar kendi yapısal karakteristiklerine göre belli sönüm oranlarına sahiptir. Yani deprem titreşimi yapı elemanlarının etkileşimi ile ısı enerjisine dönüştürülerek belli oranda yutulur, sönümlenir.

Her harmonik titreşim Deprem hareketinin meydana getirdiği bütün harmonik titreşimler yapı üzerinde farklı dinamik davranışların oluşmasına sebep olur. Bu nedenle deprem etkisine maruz kalan yapının davranışının (ivme, hız veya yer değiştirme) maksimumunu gösteren Deprem Spektrum Grafiği oluşturulmuştur.

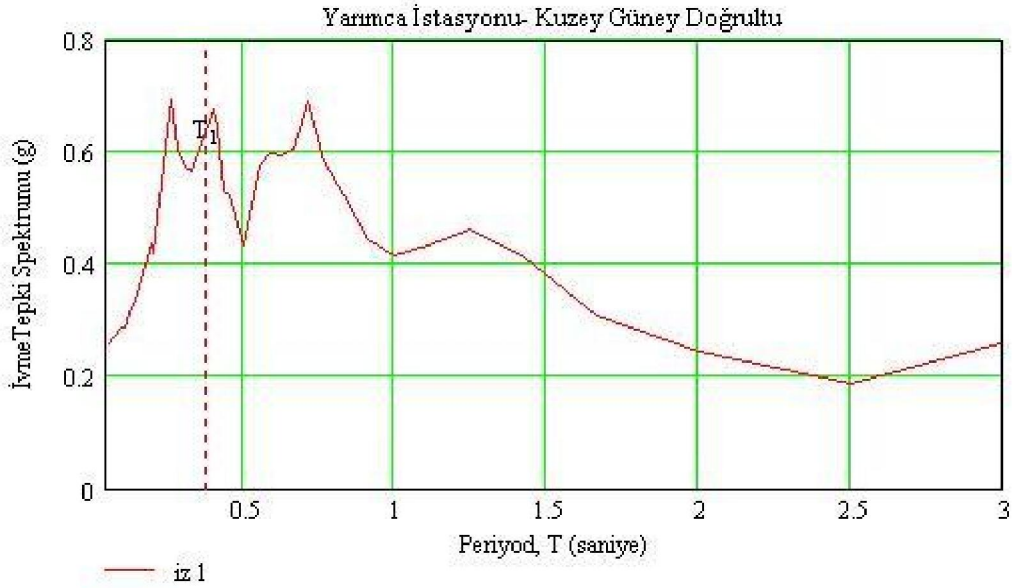
Her farklı periyotta oluşan titreşimlerden elde edilen maksimum yer değiştirme, hız veya ivme değerleri yeni bir grafik üzerinde işaretlenir ve buna spektrum eğrisi/grafiği denir.

Genelde yapıların dinamik davranışını incelemeye ve analizinde ivme spektrumu tercih edilir. Her depremin kendine özgü bir ivme spektrumu vardır. Bir binanın dinamik analizinde belirli bir depremin ivme spektrumu kullanılabileceği gibi büyük depremler incelenerek genelleştirilmiş bir ivme spektrumu da kullanılabilir.

17 Ağustos 1999 Marmara depreminde kaydedilen ivme grafiklerinden hesaplanan hız ve ivme tepki spektrumlarına örnek (sönüm oranı  $\alpha=0.05$  için) Yarımca istasyonu verilebilir [6].



Şekil 1.6. Yarımcı İstasyonu-Kuzey Güney Doğrultu Sönüm Oranı



Şekil 1.7. Yarımcı İstasyonu-Kuzey Güney Doğrultusu Periyoda Bağlı İvme Spektrumu

Spektrumlar en çok zemin özelliği ve sönüm oranından etkilenir. Sönümü sıfır olan yani sönümsüz yapılarda deprem etkisi çok daha yüksek değerlerde hissedilirken, sönüm oranı arttıkça deprem etkisi de belirgin bir şekilde azalır. Yani depreme dayanıklı yapı istiyorsak çözümlerden biri sönüm oranı yüksek bir yapı tasarımı gerçekleştirmek olmalıdır [6].

Şekil 1.4’de farklı sönümlerde yapılar için alınmış ortalama spektrum eğrileri verilmiş ve deprem spektrumu açık ve net bir şekilde açıklanmıştır. Zemin yapısına bağlı olarak sarsıntı (deprem ve raylı sistemlerden) esnasında, salınımları iletme hızı ve ivme spektrumuna göre standartlaştırılmış Z1, Z2, Z3 ve Z4 olmak üzere farklı zemin sınıfı vardır.

Tablo 1.3. Spektrum Karakteristik Periyotlar/ ( $T_A$ ,  $T_B$ ) [7]

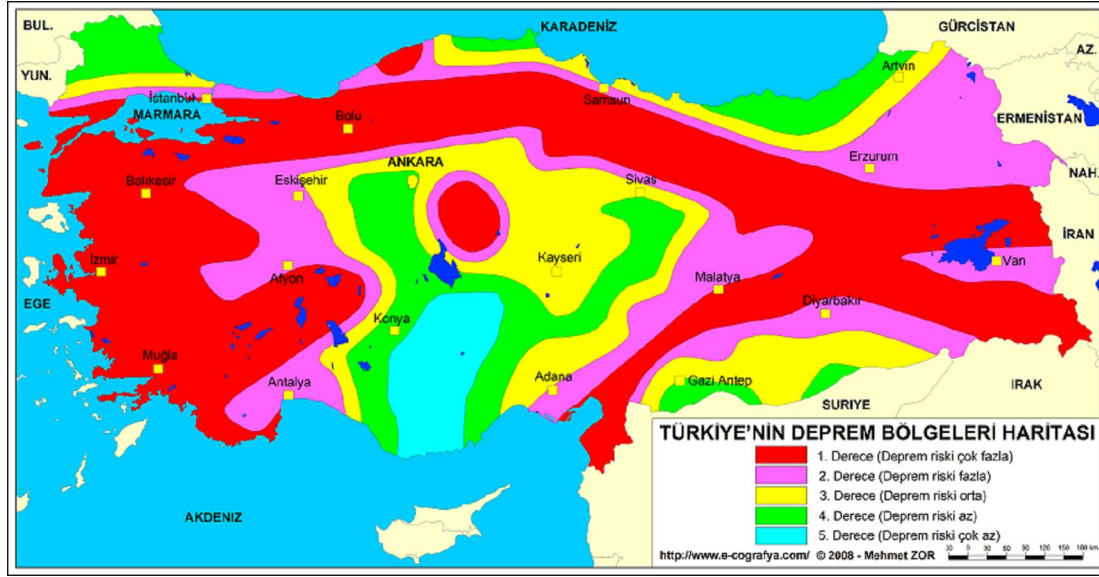
<b>Zemin Grubu</b>	<b>Tanımlama</b>		
<b>A</b>	Ayrıştırılmamış sağlam kayalar; çok sıkı çakıl ve kum; sert kil ve siltli kil		
<b>B</b>	Ayrışmamış ve çatlaklı kayalar; sıkı çakıl ve kum; katı kil ve siltli kil		
<b>C</b>	Yumuşak süreksiz düzlemliler çok ayrılmış kayalar; orta sıkı çakıl ve kum; katı kil ve siltli kil		
<b>D</b>	Yeraltı su seviyesi yüksek olan yumuşak alüvyon tabakaları; gevşek kum; yumuşak kil ve siltli kil		
<b>Zemin Sınıfı</b>	<b>Tanımlama</b>	<b><math>T_A</math></b>	<b><math>T_B</math></b>
<b>Z1</b>	A grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 15 m'den az B grubu zeminler	0,10	0,3
<b>Z2</b>	En üst tabaka kalınlığı 15 m'den fazla B grubu ve en üst tabaka kalınlığı 15 m'den az C grubu zeminler	0,15	0,4
<b>Z3</b>	En üst tabaka kalınlığı 15m-50m arasındaki C grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 10 m'den az zeminler	0,15	0,6
<b>Z4</b>	En üst tabaka kalınlığı 50m'den fazla C grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 10m'den fazla D grubu zeminler	0,20	0,9

### 1.5. Deprem Bölgesi

Üzülerek söylemek gerekiyor ki, ülkemiz deprem kuşağında bulunmaktadır. Ülkemizin yüzölçümü olarak %92’si ve nüfus olarak %95’i deprem kuşağında bulunmaktadır. (Şekil 1.8). 1894-1999 yılları arasında oluşmuş 66 yıkıcı deprem,



ülkemizde sık sık deprem yaşandığının bir göstergesidir. Özellikle 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Adana-Ceyhan, 1999 İzmit-Adapazarı-Gölcük-Yalova ve 1999 Düzce depremleri birçok yıkım, can ve mal kaybı meydana getirmiştir [8].



Şekil 1.8. Türkiye'nin Deprem Bölgeleri Haritası

Bu gibi depremlerde ortaya çıkan kayıpların, ülkemizde, gelişmiş ülkelere göre çok daha büyük boyutlarda olması, üzerinde düşünülmesi gereken önemli bir konudur. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, halen yürürlükte bulunan “TS 500-Betonarme Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları” ile “2007 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte” verilmiştir. 1997 Deprem Yönetmeliğinde belirtilen deprem bölgeleri, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nca hazırlanan ve Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlükte olan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nda gösterilmiş bulunan, birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgeleridir [4].

Deprem bölgelerinde yapılacak yapıların tasarımı ve boyutlandırılmasında düşey yüklerin yanı sıra deprem yüklerinin etkisi de önemli rol oynar ve genellikle yapı yüksekliği ve bölgenin depremselliği arttıkça bu etki ön plana çıkar. Bu bağlamda deprem yükleri esas alınarak tasarlanmış bir binanın taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların her biri, deprem yüklerini karşılayacak yeterli rijitliğe, dayanıma ve bu yükleri birbirine aktaracak kararlılığa sahip olmalıdır [4].

Tablo 1.4. Deprem Bölgesine Göre Etkin Yer İvmesi [4]

DEPREM BÖLGESİ	$A_0$
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

## 1.6. Yapay Zekâ

Matematiksel yöntemlerle ortaya çıkan Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninin bilgi işleme teknolojisinden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgi işlem teknolojisidir. Bilim adamları, beynin nörofiziksel yapısını göz önüne almışlar, beynin davranışlarını tam olarak modellemeye çalışarak yapay sinir ağları üzerinde birçok çalışma yapmışlardır. İnsan beynine simüle edilen yapay sinir ağları nöronlardan oluşmaktadır. Bu nöronlar insan zekâsına özgü olan, algılama, öğrenme, çoğul kavramları bağlama, sorun çözme, çıkarım yapma ve karar verme gibi fonksiyonların gerçekleştirilmesini sağlar.

### 1.6.1. Yapay zekânın amaçları

- Bilgi kazanma, öğrenme, geliştirme ve buluş yapmada insanın zihinsel yeteneklerini örnek alarak yöntem, teknik ve strateji araştırmak,
- Öğrenme yöntemlerini şekillendirmek ve bilgisayar ortamında veri kaynak sistemleri halinde uygulamak,
- Belli bir branştaki verileri bir bilgi sistemi halinde toplamak,
- Bilimsel araştırmalara yardımcı olabilecek yardımcıları geliştirmektir [9].

### 1.6.2. Yapay sinir ağıları

Yapay sinir ağıları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilmişlerdir. Yapay sinir ağıları, öğrenmenin yanı sıra bilgiler arasında ilişkiler oluşturma yeteneğine de sahiptir [10].

Yapay sinir nöronlarının birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşan ve genellikle katmanlardan oluşan yapay sinir ağıları, elektronik devreler ve yazılım olarak gerçekleştirilebilir. İlk fonksiyonu öğrenme olan YSA, bilgi toplama, nöronlar arasındaki bağlantıyı kurma, verileri kaydetme ve genelleme yapabilen bir işlem sistemidir. İstenilen amaca ulaşabilmek için öğrenme süreci, yapay sinir ağlarının sürekli döngü halinde olmasını sağlayan algoritmalar mevcuttur.

Bir sinir ağı, basit işlem birimlerinden oluşan, deneysel bilgileri biriktirmeye yönelik doğal bir eğilimi olan ve bunların kullanılmasını sağlayan yoğun bir şekilde paralel dağılmış bir işlemcidir. Bu işlemci iki şekilde beyin ile benzerlik göstermektedir:

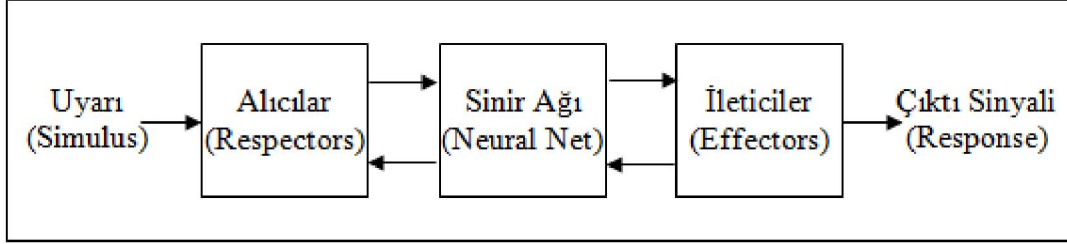
- Bilgi, ağ tarafından bir öğrenme süreci ile çevreden elde edilir.
- Elde edilen bilgileri biriktirmek için sinaptik ağırlıklar olarak da bilinen nöronlar arası bağlantı güçleri kullanılır [3].

### 1.6.3. YSA'nın yapısı ve işleyişi

Çok karmaşık olan insan beyninin yapısı ve işleyişinin anlaşılması oldukça zordur. Dolayısıyla insan beynine simüle edilen yapay sinir ağlarının da karmaşık bir yapıya sahip olduğunu söyleyebiliriz.

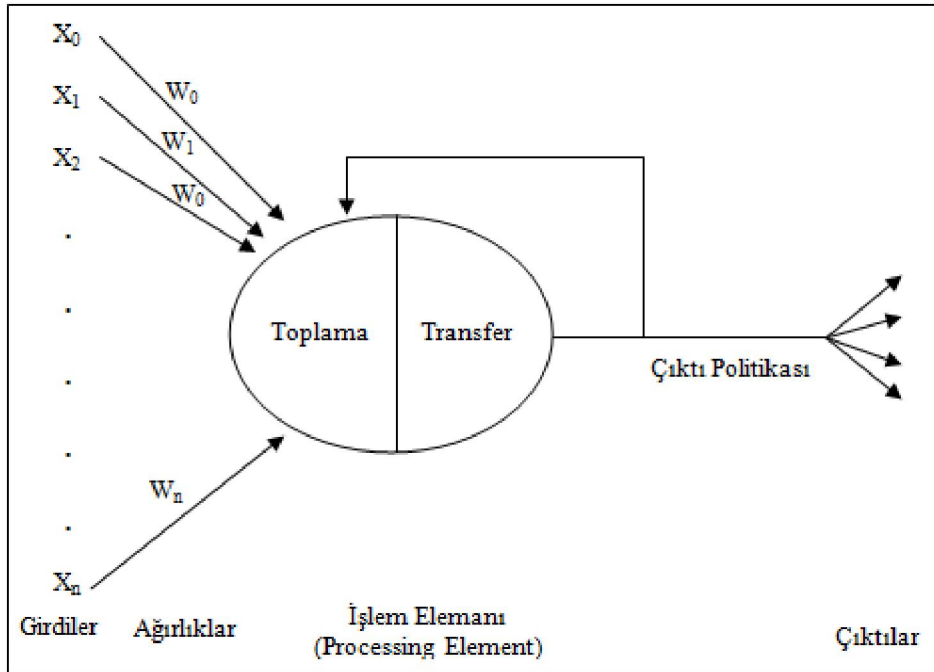
Sinir sisteminin merkezini oluşturan temel eleman olan insan beyni, en basit şekilde sürekli olarak iletilen bilgiyi alır, bazı işlemlerden geçirir ve uygun kararları vererek

gerekli yerlere iletir. Çok basit görünen aslında karmaşık bir yapıya sahip olan bu algoritma Şekil 1.9’da verilmiştir [11].

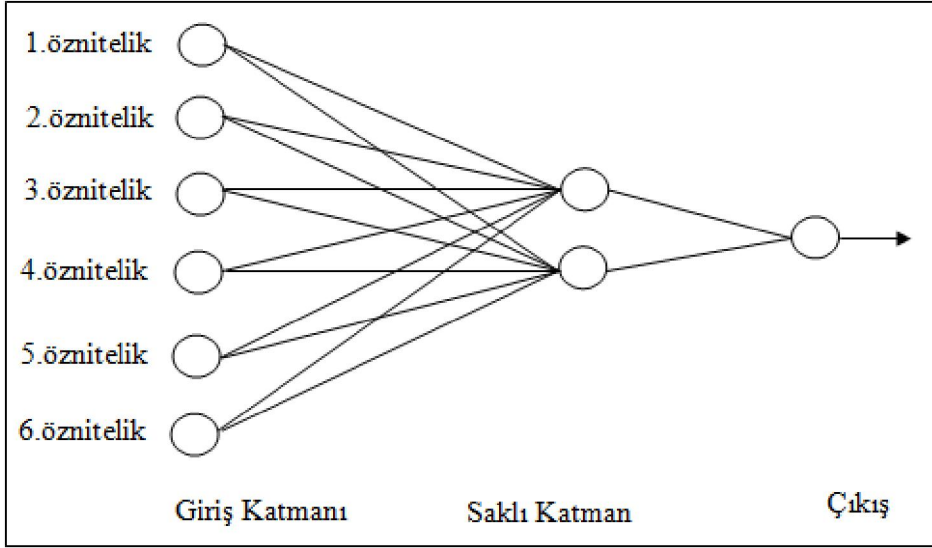


Şekil 1.9. Sinir Sisteminin Blok Diyagramı

Şekilden de anlaşılacağı gibi, dış ortamdan veya herhangi bir organdan uyarılar (sinyaller) gelir. Alıcılar, gelen bu sinyalleri sinir ağına iletirler. Uyarılar (sinyaller), buradan işlemden geçirilerek çıktı sinyaller oluşturulur. İleticiler, oluşturulan bu çıktı sinyallerini dış ortama veya diğer organlara iletilmesini sağlar.



Şekil 1.10. Yapay Nöronun Genel Yapısı [11]



Şekil 1.11. Yapay Sinir Ağlarının Çalışma Prensibi [12]

#### 1.6.4. Yapay sinir ağları için hazır ara yüzler

Belli başlı yapay sinir ağı ara yüzleri aşağıda belirtilmektedir:

Yazılım Kütüphanesi:

1. Joone: Açılımı Java Object Oriented Neural Engine olan kütüphane Java ortamında yapay sinir ağlarının kullanılması için geliştirilmiştir. Ayrıca görsel olarak yapay sinir ağının oluşturulması ve eğitilmesini sağlayan bir araca sahiptir.
2. Neural Network Toolbox for MATLAB: MATLAB için yapay sinir ağı aracıdır.
3. Annie: Açık kaynak kodlu bir kütüphane olup C++ dili için geliştirilmiştir. MLP, RBF ve Hopfield modellerini desteklemektedir.
4. FANN: ANSI C ile gerçekleştirilmiş bir yapay sinir ağı kütüphanesidir. Benzerlerinin çoğundan daha hızlı çalışmaktadır.

Yazılım ve eklentiler:

1. NeuroXL: MS Excel için yapay sinir ağı eklentisidir. Tahminleme, sınıflandırma ve özellikle finansal tahminleme için geliştirilmiştir.
2. NeuroSolutions: Bir çok sinir ağı ve öğrenme algoritmasını destekleyen ticari bir yazılımdır.
3. NeuralWorks Professional II/PLUS: Kapsamlı sinir ağı geliştirme ortamı sunan ticari bir yazılımdır [10].

## **BÖLÜM 2. TEORİK ESASLAR VE HESAP ESASLARI**

İnşaat alanında en temel teorik esaslar ve hesap esasları şu şekilde sıralanabilir.

### **2.1. Yapıya Etkiyen Yükler**

Yapı, gerek konumundan, gerek kendisinden gerekse çevresinden dolayı maruz kaldığı bazı yükler vardır. Esas yükler, yatay yükler ve düşey yükler olarak iki temel gruba ayrılır.

#### **2.1.1. Düşey yükler**

Yerçekiminden dolayı yapıya paralel olarak etkiyen yükler düşey yük olarak tanımlanmaktadır. Düşey yükler statik ve dinamik olmak üzere ikiye ayrılır. Statik yükler, yapının zati yükleridir. Yani, yapı elemanlarına (temel, kolon, kiriş, döşeme) ait diğer bir deyişle ölü yükler olup, sürekli olarak yapıya etkiyen yüklerdir. Yapıya ait zati yükler hiçbir zaman değişmeyeceği için güvenlik katsayısı 1,4'tür.

Zaman ve mevsime göre değişen yükler dinamik yükler, diğer bir deyişle hareketli yüklerdir. Bunlar; yağmur, kar, insan yükü, kullanılan eşyalar, istenildiğinde yerinden oynatılabilecek olan yüklerdir. Hareketli yükler değişiklik gösterdiği için güvenlik katsayısı 1,6 olarak alınmaktadır. Yapıya etkiyen düşey yükler TS 498'de verilmiştir.

### 2.1.2. Yatay yükler

Yapının yüksekliğine dik olarak etkiyen yükler, yatay yükler olarak ifade edilmektedir. Dinamik yükler sınıfına giren bu yatay yükler; rüzgâr yükü ve deprem yükleridir. Sözü edilen yükler dinamik karakterde olmalarına karşın hesaplarda kolaylık sağlamsı açısından şartnamelerde statik yük olarak değerlendirilirler [13].

Rüzgâr, çatı eğimi büyük olan binalar ile çok katlı yapılarda önemli bir yük grubunu oluşturur. Rüzgârın yapılar üzerindeki etkisi, esiş doğrultusuna, hızına, yapının yerden yüksekliğine, geometrisine ve çevre yapılarının konumuna bağlıdır [13].

Deprem yükü, zeminin ani hareketlerinden dolayı yapıya düşey doğrultuda dik olarak etkiyen dinamik yüklerdir. Bu yer hareketi, meydana gelen gerilme yığılımalarının ya da deformasyon enerjisi birikimlerinin jeolojik fay hatlarındaki ani kaymalarla serbest kalması sonucu ortaya çıkar. Sismik dalgalar tarafından oluşturulan ve gelişigüzel değişebilen bu ani hareketler dizisi, temeller aracılığıyla yapıya iletilir ve yapının üst katlarında daha büyük hareketlere neden olur [13].

## 2.2. Yük Güvenlik Katsayıları

TS 500'de öngörülen yük katsayıları ve dikkate alınması gereken yükleme kombinasyonları aşağıdaki gibidir.

Yalnız düşey yükler için;

$$F_d = 1,4 G + 1,6 Q$$

$$F_d = 1 G + 1,2 Q + 1,2 T$$

Rüzgâr yükünün söz konusu olduğu durumlarda;

$$F_d = 1 G + 1,3 Q + 1,3 W$$

$$F_d = 1,4 G + 1,6 Q$$

$$F_d = 0,9 G + 1,3 WQ$$

Deprem yükünün söz konusu olduğu durumlarda;

$$F_d = G + Q + W$$

$$F_d = 1,4 G + 1,6 Q$$

$$F_d = 0,9 G + 1 E$$

### 2.3. Malzeme Güvenlik Katsayıları

Hesaplarda kullanılacak “malzeme hesap dayanımı”, karakteristik malzeme dayanımı belirli bir malzeme katsayısına bölünerek elde edilir.

$$\text{Beton için } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} \text{ (basınç)} \quad \text{ve} \quad f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_{mc}} \text{ (çekme)}$$

$$\text{Çelik için } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{ms}}$$

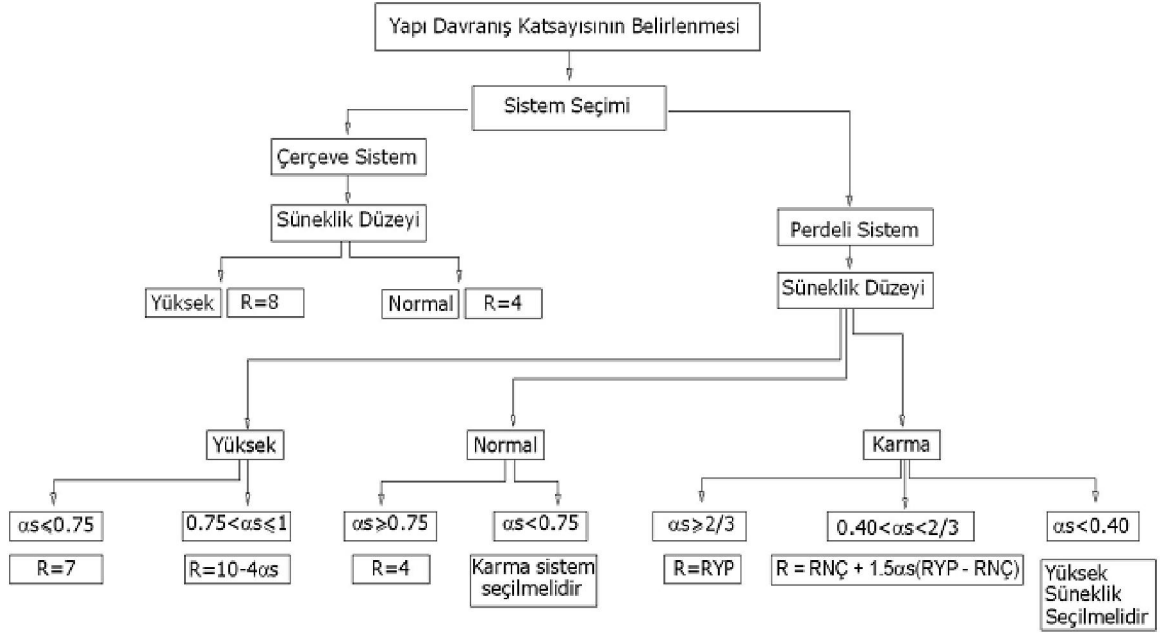
Beton güvenlik katsayısı ( $\gamma_{mc}$ ), yerinde dökülen beton için 1,5, ön döküm için ise 1,4 alınmalıdır. Betonda kalite denetiminin gerektiği gibi yapılamayacağı kuşkusu olan durumlarda  $\gamma_{mc} = 1,7$  veya daha büyük alınmalıdır.

Donatı çeliği için ise çelik güvenlik katsayısı  $\gamma_{ms} = 1,15$  alınmalıdır [14].

### 2.4. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı seçilen sistemin türüne bağlı olarak 2007 Deprem yönetmeliğine göre Şekil 2.1'e göre belirlenir. Yapılan bu çalışma çerçeve sistemi olduğu için  $R = 8$  alınmıştır.





Şekil 2.1. Yapı Davranış Katsayısının Belirlenmesi

## **BÖLÜM 3. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI**

İnşaat mühendisliğinin temel amacı; deprem, zemin, rüzgâr, ek yükler gibi her türlü olumsuzluklara rağmen yapının ayakta kalmasını sağlamaktır. Bina tasarlanırken, insan yaşamını garantiye almak ve maddi kayıplara engel olmak için projelendirme ve uygulamalarda depreme dayanıklı yapı tasarımı kurallarına uymak gerekir.

Bilindiği gibi yapıyı ayakta tutan; temel, kolon, kiriş ve döşeme elemanlarından oluşan taşıyıcı sistemdir. Dolayısıyla bir yapıyı tasarlarken atılacak ilk adım taşıyıcı sistemin seçilmesidir. Taşıyıcı sistem seçimi, en az söz konusu tasarımı kadar önemlidir. Çünkü yanlış bir seçim, hem sistemin çözümlenmesini güçleştirir hem de alınacak tedbirle düzeltmeyi zorlaştırır.

Eğer yapı, projelendirme esnasında iyi bir şekilde tasarlanmış ise fazla karmaşık ve zaman alıcı çözümlere girmeden basit yöntemlerle sonuca ulaşmak mümkün olur. Böylece hem zamandan hem de maliyetten kazanç sağlanmış olur. Ayrıca hata riskini de azaltmış olur [6].

### **3.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Temel İlkeleri**

Yapı elemanlarının dayanımları, taşıyıcı sistemin dayanımını etkilediği gibi, elemanlarının birleşim bölgelerinin yönetmeliğe uygun olarak düzenlenmesi de elemanların dayanımını belirlemede önemli bir husustur. Birleşim bölgelerindeki çözümler ve büyük dönmeler; taşıyıcı sistemlerdeki elemanlarda önemli zorlanmalar oluşmadan da göçmeyi doğurabilir. Bu amaçla tasarımda aşağıdaki noktalarda dikkat etmek gerekir [15].

### 3.1.1. Geometri

Bir binanın deprem dayanımı büyük ölçüde mimari tasarım aşamasında oluşur. Taşıyıcı sistemin tasarlanmasından sonra da binanın deprem dayanımı büyük ölçüde şekillenmiş olur. Bu aşamadan sonra statikçinin yapacağı donatı hesabı yapının deprem dayanımını fazla değiştirmez. Mimari planda yapı taşıyıcı sistemi iyi seçilmeyen bir binayı depreme dayanıklı duruma getirmek statikçiyi genelde çok pahalı çözümlere götürür [15].

### 3.1.2. Süreklilik

Sağlıklı bir statik çözümlene yapmak için, taşıyıcı sistem elemanları arasında sürekliliği sağlayarak, gelen yükün yapı elemanlarına uygun bir şekilde dağıtmak gerekir.

Yapının taşıyıcı sistemi oluşturulurken, yapı planında ve düşeyde bulunan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların düzgün ve sürekli olarak tasarlanması deprem davranışını olumlu yönde etkiler. Plandaki çerçeve akslarının sürekli olarak düzenlenmesi, sistemin bazı bölgelerinin aşırı zorlanmasını önler. Böylece özellikle deprem yükü altında sürekliliği sağlanan aksların çalışması rahatlatılır. Kolon ve perdeler düşeyde de sürekli olmalı ve elemanların birbirine dışmerkez mesnetlenmelerinden kaçınılmalıdır. Çünkü kolonlara deprem yükü dışında ek bir eksantristik yükün gelmesi çok sakıncalıdır. Aynı şekilde kolon ve ona mesnetlenen kirişlerin eksenleri arasındaki dışmerkezlikte elden geldiği kadar önlenmeli ve bunların genişliklerinin birbirine yakın olmasına çalışılmalıdır. Böylece betonarme elemanlarda kesit etkilerinin geçişini sağlayan iyi bir donatı düzeni sağlanabilir. Taşıyıcı sistemde süreklilik ile elemanların birbirine yardım etmesi sağlanırken, elastik davranışın ötesindeki taşıma kapasitesi artırılmış olur [6].

### 3.1.3. Rijitlik ve dayanım

Dayanım, geçen zamana rağmen yapının yıkılmadan ayakta kalması ve kullanılabilmesi demektir.

Rijitlik ise, yer değiştirme ve dönme gibi istenmeyen durumlardan dolayı kaynaklanan deformasyona karşı gösterilen dirençtir. Rijitlik, yapı elemanın kesiti, boyu ve bağlantı şekline göre değişir.

Yapının rijitliğini artırarak depremde meydana gelecek şekil ve yer değiştirmeleri, taşıyıcı olmayan yapı elemanları ile yapıdaki mevcut alet ve donanımın hasarını azaltmak mümkündür. Bu suretle, taşıyıcı sistemle ona bağlı bulunan taşıyıcı olmayan kısımlardaki hasar azaltılabilir. Yapı rijitleştikçe, deprem kuvvetinde meydana gelen artışın bilinmesi ve dikkate alınması gereken önemli bir husustur [6].

Rijitlik ve Dayanım İçin Alınması Gereken Önlemler:

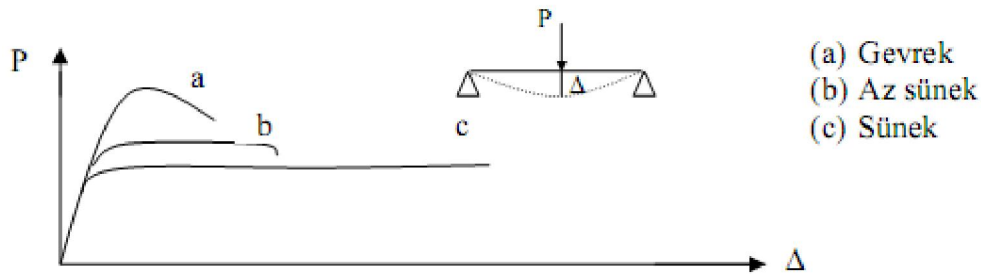
- Rijitlikte ani değişikliklerden kaçınılmalı
- Yumuşak kat engellenmeli
- Rijitlik, yapı periyodu ve spektrum eğrisi birbirlerine uyum sağlamalı
- Zemin – yapı etkileşimi sağlanmalı
- Yumuşak zemine düşük frekans ve uzun periyot hakim olmalı
- Kaya zeminlere yüksek frekans ve kısa periyot hakim olmalı

### 3.1.4. Süneklik

Bir yapı elemanı, plastik davranış göstererek kendisine yüklenen yükün tesirini azaltıp ani kırılmalara meydan vermemesi durumuna süneklik denir. Bir başka deyişle, deprem itkileri gibi tersinir yükler altında yapı enerjiyi sönmüleyerek meydana gelebilecek zorlanmaları ve gevrek davranışları ortadan kaldırmaktır.

Bilindiği gibi beton, basınç gerilmelerine karşı oldukça dayanıklı fakat çekme gerilmelerine karşı hesaplara katılmayacak kadar dayanıksızdır. Dolayısıyla beton gevrek bir malzemedir. Betona süneklik kazandırmak için betonla aderans sağlayan çelik donatı kullanılarak betonarme oluşturulur.

Süneklik, bir kesitin, bir elemanın veya bir taşıyıcı sistemin, dış yükte önemli bir değişim olmaksızın elastik sınırın ötesinde şekil değiştirme, dolayısıyla yer değiştirme yapma özelliğinin ölçüsü olarak tanımlanabilir. Sayısal tanımı, güç tükenme durumu ile elastik sınır göz önüne alınarak yapılabilir. Normal kuvvet altında kesitin uzama sünekliği, eğilme momenti altında kesitin dönme sünekliği, yatay kuvvet altında taşıyıcı sistemin öteleme sünekliği gibi değişik süneklik durumları görülür [6].



Şeki 3.1. Yük Deformasyon İlişkisi

## 3.2. Plandaki Düzensizlikler

### 3.2.1. A1 Burulma düzensizliği

Yapının birbirine dik iki deprem doğrultusundan herhangi biri için, herhangi bir kattaki en büyük rölatif yatay kat ötelenmesinin ortalama rölatif kat ötelenmesine oranı olarak tanımlanan burulma düzensizlik katsayısının 1,2'den büyük olması durumunda A1 burulma düzensizliği olarak tanımlanır.

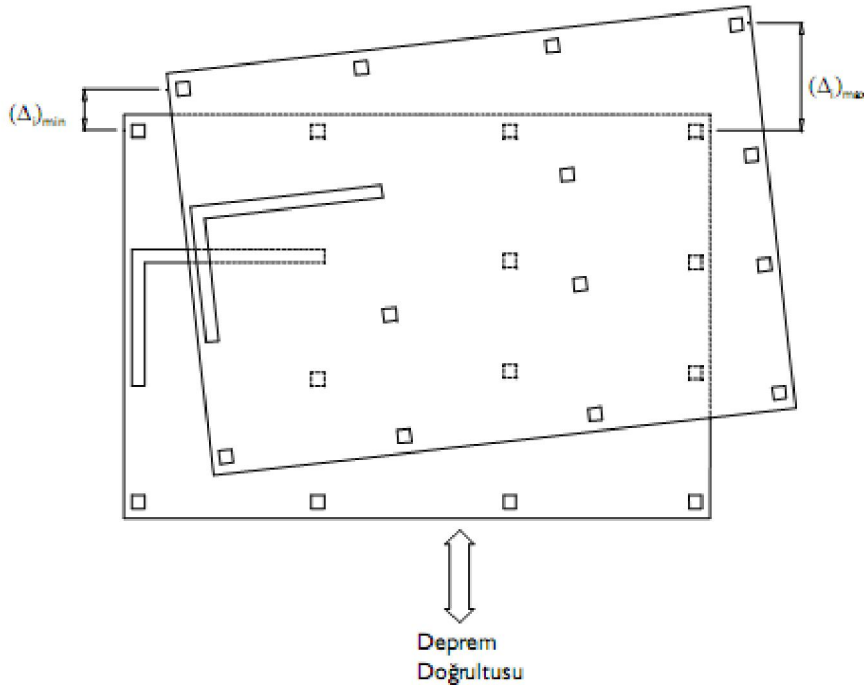
$$\eta_{bi} = \frac{\Delta_{i \max}}{\Delta_{i \text{ort}}} = \frac{\Delta_{i \max}}{(\Delta_{i \max} + \Delta_{i \min})/2} > 1.2$$

$\Delta_{i \max}$ : i. kattaki max görelî kat ötelenmesi

$\Delta_{i \min}$ : i. kattaki min görelî kat ötelenmesi

$\Delta_{i \text{ort}}$ : i. kattaki ortalama görelî kat ötelenmesi

$\eta_{bi}$ : A1 burulma düzensizliği katsayısı



Şekil 3.2. A1 Burulma Düzensizliği

Burada kat ortalama yatay yer değiştirmesi bina döşemesinin rijit diyafram gibi davrandığı kabul edilerek, en büyük ve en küçük yer değiştirmenin ortalaması olarak alınmıştır. Burulma türü düzensizlik deprem kuvvetinin etkidiği kat kütle merkezi ile kat rijitlik merkezinin birbirinden ayrık olması ile belirgin duruma gelir. Deprem kuvvetinin etkidiği doğrultuya dik olan bina boyunun  $\pm\%5$  kadar bir dışmerkezlikle kabul edilecektir. Bu kabulden dolayı bina tamamen simetrik olsa bile daima  $\eta_{bi} > 1,0$  olacaktır. Yapıda ek düzensizlik bulunması bu oranı daha da artıracaktır [6].

Deprem Yönetmeliği'nde dinamik hesap taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesinde daha etkili bir yöntem kabul edildiği için,  $\eta_{bi} > 2,0$  durumunda, birinci ve ikinci deprem bölgesinde dinamik hesap yapılmasını zorunlu kılınmıştır.

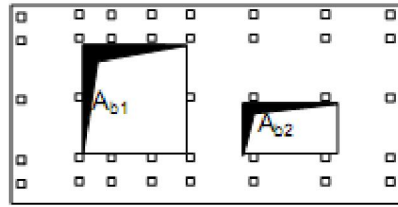
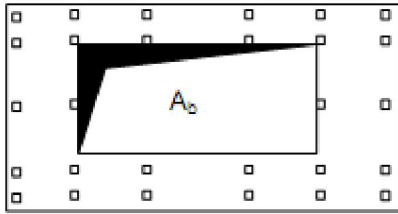
Bu düzensizlik katsayısının  $1,2 > \eta_{bi} > 2,0$  olması durumunda ise, katlara etkileyen eşdeğer deprem yükü için kabul edilen  $\pm\%5$  ek dışmerkezliğin  $D_i = (\eta_{bi} / 1,2)^2$  katsayısı ile artırılması öngörülmüştür [6].

### 3.2.2. A2 Döşeme süreksizlik düzensizliği

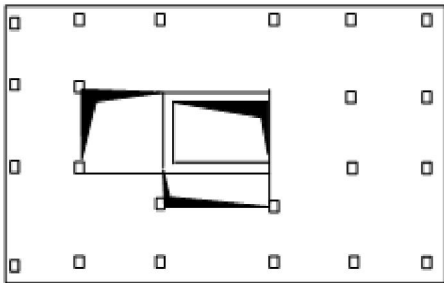
Herhangi bir kattaki döşemede;

- Boşluk alanları toplamının kat brüt alanı  $1/3$  ünden büyük olması ( $A_b/A > 1/3$ ) (Şekil 3.3),
- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılmasını güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durum (Şekil 3.4),
- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu (Şekil 3.5),

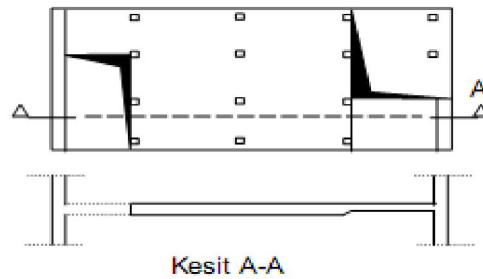
Döşeme süreksizliği olarak tanımlanır [7].



Şekil 3.3. A2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği



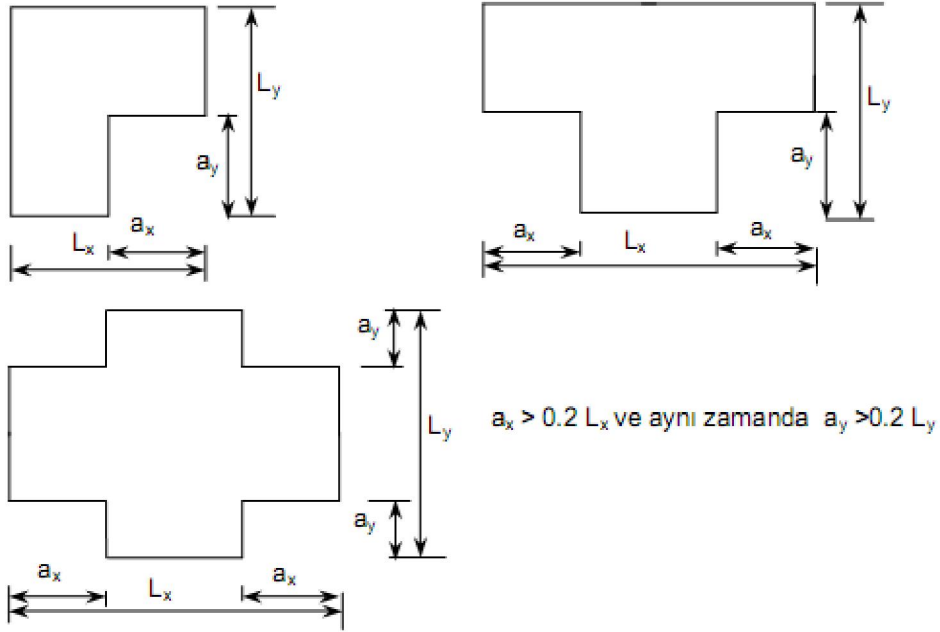
Şekil 3.4. A2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği



Şekil 3.5. A2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği

### 3.2.3. A3 Planda geometri düzensizliği

Yapı kat planındaki girinti ve çıkıntının birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de ( $a_x$ ,  $a_y$ ), yapının o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının ( $L_x$ ,  $L_y$ ) %20'sinden daha büyük olması durumudur [7]. (Şekil 3.6)

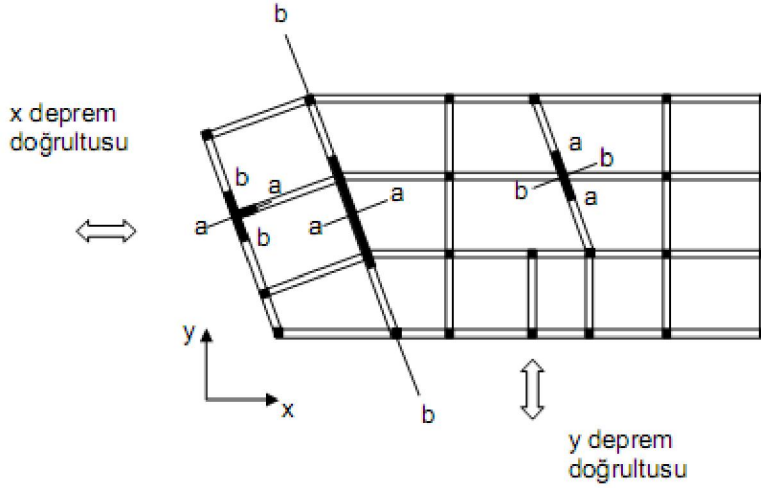


Şekil 3.6. A3 Planda Çıkıntı Düzensizliği

### 3.2.4. A4 Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği

Yatay yükleri taşıyan elemanlarının, yapıya depreminin etkidiğinin kabul edildiği asal eksenlerine paralel olmaması durumudur. (Şekil 3.7)





Şekil 3.7. A4 Türü Düzensizlik

Yapıda A4 türü düzensizlik bulunması durumunda, düzensizlik bulunan elemanların asal eksen doğrultularındaki iç kuvvetler:

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0,3B_{ay}$$

$$B_a = \pm 0,3B_{ax} \pm B_{ay}$$

Olarak düzeltilir. Aynı işlemler, (b) eksenini için de en elverişsiz kesit tesiri olan büyük değere göre tasarım yapılmalıdır [7].

$B_a$  : Taşıyıcı sistem elemanın (a) asal eksenini doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü,

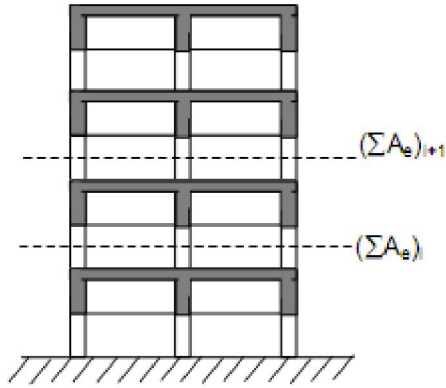
$B_{ax}$  : Taşıyıcı sistem elemanının (a) asal eksenini doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

$B_{ay}$  : Taşıyıcı sistem elemanının (a) asal eksenini doğrultusunda, x'e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

### 3.2.5. B1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının (kolon+perde+0,15x kagir duvar alanı) bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı  $\eta_{ci}$  dayanım düzensizliği katsayısının 0,80'den küçük olması durumudur [7]. Yani;

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0,80$$

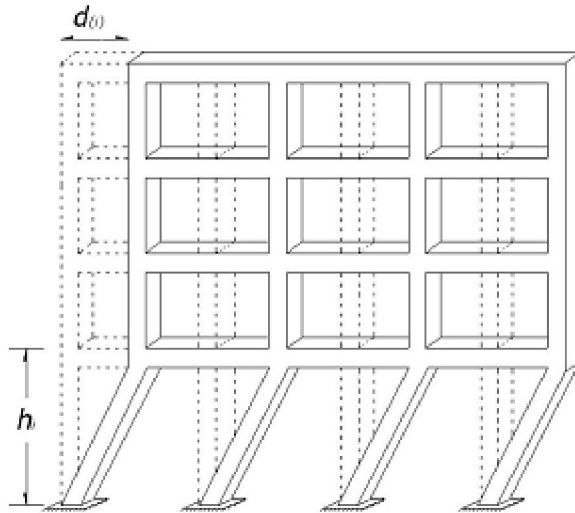


Şekil 3.8. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği

### 3.2.6. B2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat)

%5'lik yatay kuvvet dışmerkezliği altında oluşan, herhangi i'ninci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olan  $\eta_{ki}$  rijitlik düzensizlik katsayısının 1,5'den fazla olması durumudur [7]. Yani;

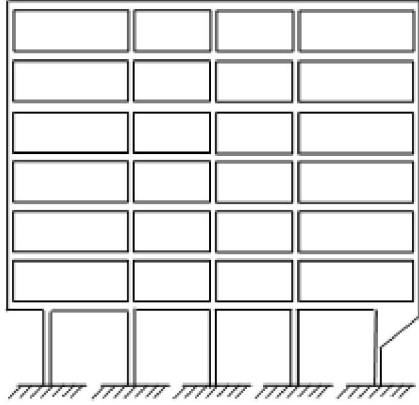
$$\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1,5 \quad \text{şeklinde ifade edilir.}$$



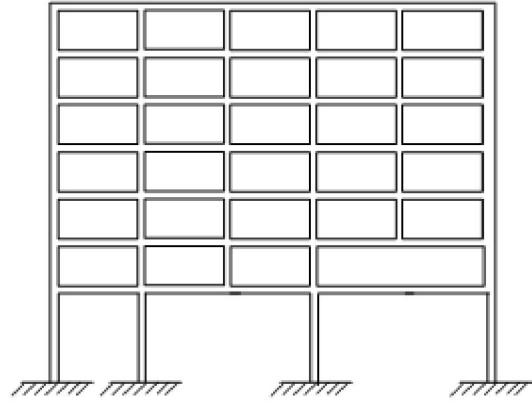
Şekil 3.9. Yumuşak Kat

### 3.2.7. B3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlardaki süreksizlik düzensizliği

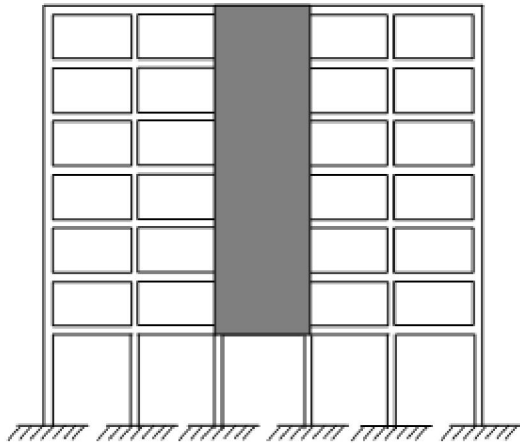
Düşey taşıyıcı elemanlar olan kolon veya perdelerin bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin aşağıda kolonlara veya kirişlere oturtulması durumudur [7].



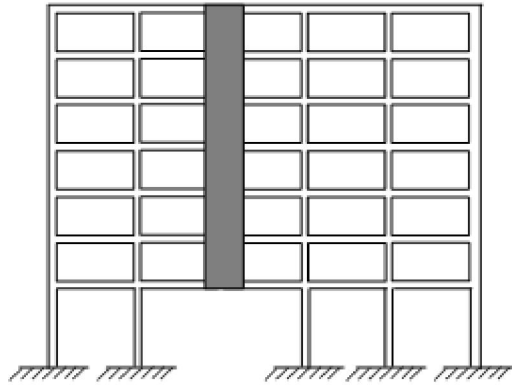
Şekil 3.10. Kolonların Konsol ve Guselere Oturtulması



Şekil 3.11. Kolonun İki Ucundan Mesnetli Kirişe Oturtulması Durumu



Şekil 3.12. Perdenin Kolonlara Oturtulması Durumu



Şekil 3.13. Perdenin Kirişe Oturtulması Durumu

## **BÖLÜM 4. HESAP YÖNTEMİ**

### **4.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi**

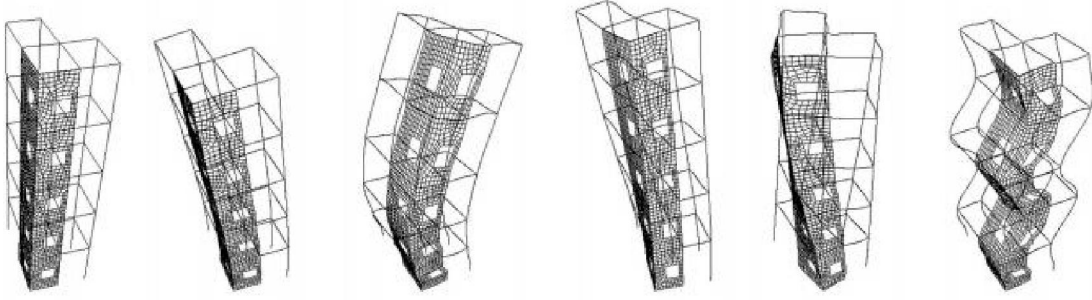
Elastik davranışı yansıtan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kuvvetler dengesinin sağlanması şartıyla kullanılır. Taşıyıcı sistem kolon, kiriş ve perdelerden oluşmuş yapılara etkiyen deprem yükleri, yapının kat hizaları seviyesinde etkiyen yatay yükler olarak kabul edilir. Bu yatay yüklerin, binanın birbirine dik olan iki asal doğrultuda ayrı ayrı etkidiğini düşünülerek, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda kesit tesirleri bulunmaktadır [7].

### **4.2. Mod Birleştirme Yöntemi**

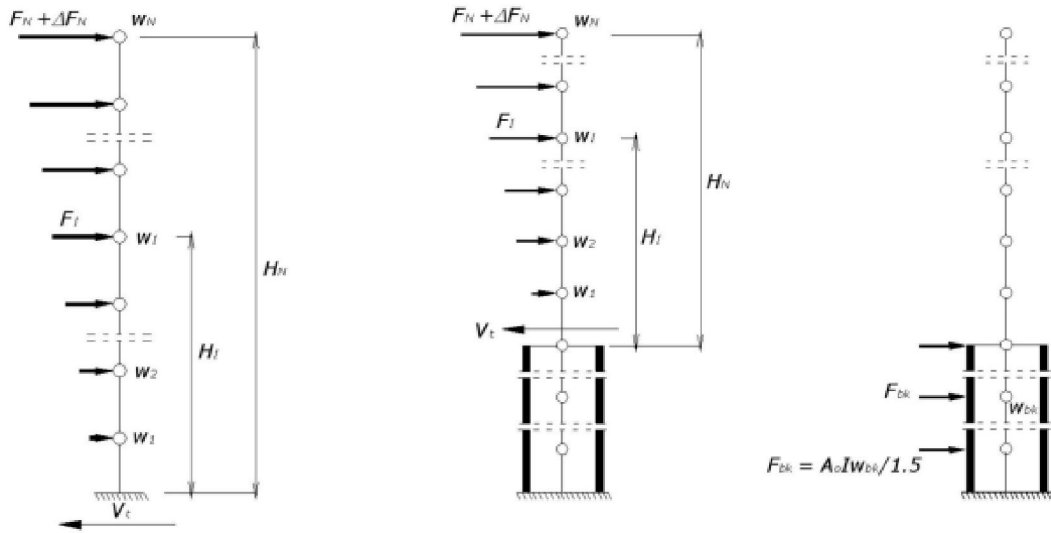
Bu elastik çözümleme yöntemi, sistemin davranışının, her bir serbest titreşim modunun deprem hareketine olan etkisinin ayrı ayrı elde edilmesinden sonra birleştirilmesiyle bulunabileceği kabulüne dayanır.

Binalarda kütlelerin katlarda toplandığı kabul edilerek her kat için iki öteleme bir dönme hareketi esas alınır. Dönme hareketi nedeniyle katlarda kütle merkezi ile rijitlik merkezinin üst üste düşmesinin etkisi de hesaba katılmış olur.

Matematiksel olarak sağlam bir temele dayanmasına rağmen, kesin güveni zedeleyen bazı hususlara da sahiptir. Yöntemin hesap tekniği tamamen elastik davranışa dayanır. Ekonomik boyutlandırma genel olarak taşıyıcı sistemin sünek davranışının sağlanması ile ilgilidir. Sünek davranış esas alındığı oranda mod birleştirme tekniğinin uygulanabilirliği azalır [7].



Şekil 4.1. Tipik Mod Türleri



Şekil 4.2. Mod Birleştirme Yöntemi

### 4.3. Analiz Sonrası Yapılması Gereken Kontroller

#### 4.3.1. Kuvvetli kolon zayıf kiriş kontrolü

Yapı elemanlarının dayanımlarını birbirine göre biraz farklı düzenleyerek kuvvetli bir depremde oluşacak göçme mekanizmasını kontrol etmek ve orta büyüklükteki bir depremde, deprem sonrası hasarları sınırlı tutmak mümkündür. Örneğin; sistemin ani göçmesini önlemek için kolonların güçlü, kirişlerin kolonlara göre daha zayıf düzenlenmesi ve böylece ilk plastik mafsalların kirişlerde oluşmasını sağlamak yönetmeliklerde önerilmektedir [6].

Yönetmelikte öngörülenden daha büyük bir depremin meydana gelmesi durumunda; ani göçme oluşmaması için, kolonların kirişlerden daha güçlü olması ve böylece plastik mafsallık bölgelerinin kirişlerde oluşması gerekir. Yani;

$$(M_{r\ddot{u}} + M_{ra}) \geq 1,2(M_{ri} + M_{rj})$$

koşulunu sağlaması gerekir.

$(M_{r\ddot{u}} + M_{ra})$ : kolon eğilme moment kapasitesi

$(M_{ri} + M_{rj})$ : kiriş eğilme moment kapasitesi

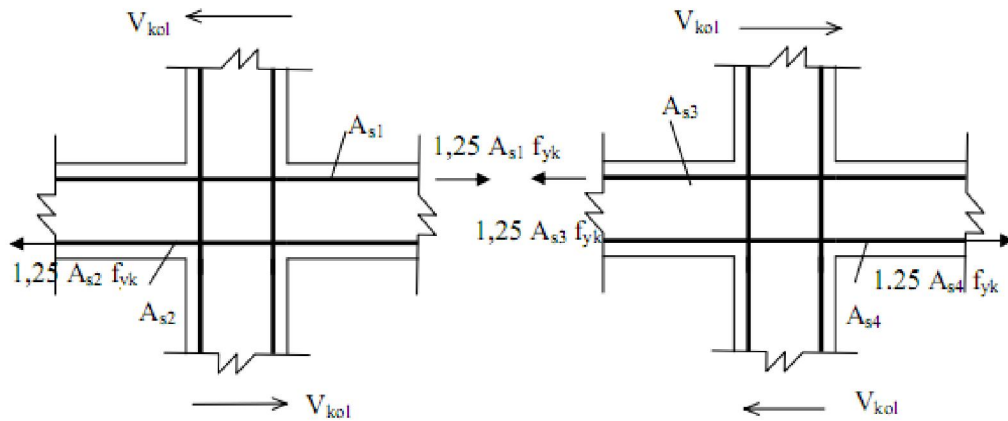
Birleşim bölgelerinde kesme kuvveti güç tükenmesinden önce bölgeye birleşen kiriş donatılarının akmaya erişmesi ve bu suretle sünek güç tükenmesinin sağlanması önemlidir. Bu sebeple birleşim bölgelerinde kesme kuvveti;

$$V_e = 1,25f_{yk} \max (A_{s1} + A_{s2}; A_{s3} + A_{s4}) - V_{kol}$$

bağıntısıyla hesaplanır.

$V_e$ : Birleşim bölgelerinde kesme kuvveti

$V_{kol}$ : kolon kesme kuvveti



Şekil 4.3. Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesinde Güç Tükenmesinde Oluşan Etkiler [15]

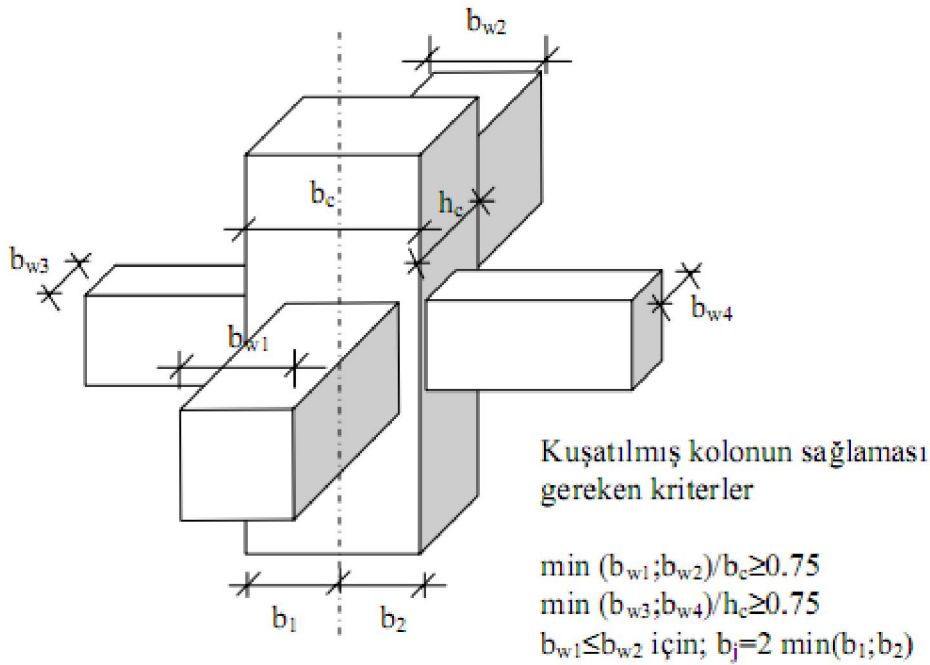
Kirişlerin kolona dört taraftan birleşmesi ve her bir kirişin genişliğinin birleştiği kolon genişliğinin 3/4'ünden az olması durumu;

$$V_e \leq 0,60 f_{cd} b_j h_c$$

Kuşatılmış kolon şartını sağlamayan birleşimler;

$$V_e \leq 0,45 f_{cd} b_j h_c$$

Koşulunu sağlamalıdır.



Şekil 4.4. Kuşatılmış Kolon- Kiriş Birleşim Bölgesi

#### 4.3.2. Kesme güvenliği kontrolü

Süneklik düzeyi yüksek kolonlarda, kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulunun sağlanmasına (sağlamamasına) bağlı olarak, tasarıma esas olan kesme kuvveti; kiriş (kolon) kesitlerinin kapasitelerine erişmesi kabulü ile elde edilir. Bu durumda kolonlarda  $M_u = 1,4M_{ru}$  ve  $M_a = 1,4M_{ra}$  kolon uç kesit eğilme momenti kapasiteleri kullanılarak;

$$V_e = \frac{M_a + M_u}{l_n} = 1,4 \frac{M_{ra} + M_{ru}}{l_n}$$

tasarımına esas olan kesme kuvveti bulunur. Eğer kuvvetli kolon zayıf kiriş tasarımı sağlanıyorsa, kolon uç kesitlerinden önce kiriş uç kesitlerinde plastik mafsallık oluşacaktır. Bu durumda kolonun tasarım kesme kuvvetinin, kiriş uç kesitlerinin eğilme momenti kapasitelerinden hareketle hesaplanması gerekir. Bu amaçla donatının pekleşmesi göz önüne alınacak birleşim bölgesinde birleşen kirişlerin uç kesitlerinin taşıma gücü eğilme momentlerinin toplamının %40 arttırılmış  $1,4(M_{ri}+M_{rj})$  değerlerinin alt ve üst kolonlara rijitlikleri ile orantılı dağıtılması sonucu kolonun alt ve üst ucunda bulunan moment  $M_a$  ve  $M_u$  alınarak tasarıma esas olan kesme kuvveti bulunacaktır. Eğer kolonların kirişlerden güçlü olma koşulu sağlanmamışsa, kiriş uç kesitlerinden önce kolon ve uç kesitlerinde plastik mafsallık oluşması gibi genellikle arzu edilmeyen bir durum söz konusu olacaktır. Bu durumda kolon tasarım kesme kuvvetinin, kolon uç kesitlerinin  $M_u=1,4M_{ri}$  ve  $M_a=1,4M_{ra}$  eğilme moment kapasiteleri ifadesi kullanılarak hesap edilecektir.

Kolonlarda da kirişlerde olduğu gibi kesme kuvveti sonucu meydana gelen eğik basınç gerilmelerinin oluşturabileceği gevrek güç tükenmesinin de önlenmesi amacıyla tasarım kesme kuvvetinin üst sınırı;

$$V_e \leq 0,22 f_{cd} b_w d$$

denklemleri ile verilmiştir.

#### 4.4. Kullanılan Yazılım: İDESTATİK 6.2007

Betonarme yapılar için hesap, çizim, güçlendirme, detaylandırma ve metraj içeren entegre cad yazılımıdır. İnşaat mühendislere ve teknik elemanlara yönelik bilgisayar yazılımı olan İDESTATİK ile betonarme yapı sistemlerinin, statik ve dinamik analizinin yanı sıra projelendirilme, güçlendirilme ve detaylandırılmada çok büyük kolaylık sağlamaktadır.

İdeSTATİK yazılımı ile;

- Yapıların nonlinear performans analizi (Push-Over/Statik itme)
- Katlanmış plak ve eğik döşeme içeren sistemlerin hesabı



- Her tür formdaki merdivenlerin statik ve betonarme hesabı
- IFC Standardı'na sahip tüm mimari bilgisayar programlarıyla uyumlu (entegre)
- İkinci merteye teorisine göre (P-Delta) yapısal analiz
- Statik, dinamik, lineer ve nonlineer analizde yapı temel etkileşimli çözüm
- Taban izolatörü (Base isolator) kullanımı ile güçlendirme projeleri
- EC II, EC 8, Din 1045 -2, ACI ve SNIP kodlarıyla hesap yapabilme
- Kullanıcı tarafından özelleştirilebilen menü ikonları ve araç çubukları
- Yeni ihale yasaının gerektirdiği koşullarda ve formatta metraj olanağı ve hakediş programları ile (AMP vs.) data alışverişi
- Kolay öğrenilebilen ve ek bir çaba gerektirmeyen üç boyutlu arayüz
- Entegre tasarım sistemi (IDS) sayesinde ideCAD® Mimari ile tam uyumluluk
- IFC, 3DS, DXF, DWG ve VRML formatlarında veri alışverişi
- IFC formatını destekleyen mimari programlar ile model alışverişi
- Word, Excel ve Access programlarına veri aktarımı
- Plan düzlemine paralel olmayan düzlemlerde çalışabilme
- Katta aşağıya veya yukarıya bakarak çalışabilme (mimari/kalıp planı modu)
- Tek işlemle değiştirilebilen farklı katlardaki elemanlar
- Tek bir adımda katlar arası kopyalama
- Doğrusal ve yay aks gridleri
- Aks gridleriyle projeye özel grid tanımlama
- Doğru, çember, yay ve eğri üzerinde obje çoğaltabilme
- Proje dokümanlarının paftalara kolayca yerleştirilmesini sağlayan mizanpaj fonksiyonları
- Sağ tuş menü desteği ile objelere ait komutlara hızlı ulaşım
- "Spacemouse" desteği
- Kendi katmanını bilen elemanlar ile gelişmiş katman mantığı
- Özelleştirilebilen obje alt katmanları
- Hızlı ve kontrollü çalışmak için geliştirilen navigasyon özelliği
- Simetrik yapı elemanlarının otomatik olarak üretilmesi
- Altı tip merdivenin otomatik detayları
- Kesit, görünüş ve perspektif üzerinde çalışabilme
- Uzaysal üç boyutlu statik ve dinamik analiz

- Enkesit değerlerinin şematik ve grafik sunumu
- Kullanıcı tarafından da tanımlanabilen materyaller
- Nonortogonal, ara katlı ve kademeli sistemlerin çözümü
- Çubuklara mafsal ve kısmi mafsal tanımlayabilme
- Eğik kolon ve eğik kiriş tanımlayabilme
- Döşemelerden çubuklara otomatik yük aktarımı
- İdealleştirilmiş yükler yerine tam doğru teorik yükler ile çalışma
- Çubuklara ayrıca dışardan yük tanımlayabilme
- Betonarme hesaplarda doğrudan kullanılan analiz sonuçları
- Betonarme hesaplardan sonra seçilen otomatik donatı
- Donatı seçimleriyle tam entegre otomatik çizimler ve detaylar
- Çizimlerle tam uyumlu otomatik metraj listeleri
- Grafik olarak irdelenen hesap sonuçları
- Sistemdeki değişikliklerin üç boyutlu model üzerinden yapılabilmesi
- Otomatik olarak çalışılan kesit, görünüş, perspektif ile aksonometrik ve kesit perspektifler
- Başarılı sunumlar
- Toparlanmış bir şekilde ele alınan hesap sonuçları
- Yay, dairesel ve poligonal eksenli kiriş çözümleri
- Toprak ve rüzgar yükleri
- Moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvet diyagramları
- Tünel kalıp sistemlerinin hesabı
- En genel düz ve ters kirişli döşemeler
- İki boyutlu çalışma olanakları
- Tek döşeme şeklindeki temellerin hesabı
- Alan, çizgisel ve noktasal yükler
- Kirişsiz döşemeler
- Elastik zemine oturan döşemeler
- Otomatik olarak mesh oluşturma
- Nervürlü ve kaset döşemelerin hesabı
- Genel poligonal döşeme boşlukları
- Döşeme mesnetlerinin otomatik olarak algılanması

- Döşemelere ekstra noktasal ve doğrusal yük tanımlama
- Döşeme moment diyagramları
- Otomatik olarak yapılan süperpozisyonlar
- Katsayılar için seçilebilir ön ayarlar
- Minimum donatıların sınırlandırılması
- Eğilme boyutlandırması ve stabilite hesabı
- Kesme kuvveti boyutlandırması (etriye hesabı)
- Boyuna, kayma ve torsiyon donatılarının hesaplanması
- Ankraj (kenetlenme) boylarının dikkate alınması
- Donatıların grafik olarak irdelenmesi (CAD arayüzü ile)
- Dikdörtgen, dairesel ve poligon kolonların çift eksenli eğilmeye yönelik donatı hesabı
- Karşılıklı etki diyagramları
- Kolonlarda dört tipte donatı yerleştirme olanağı
- “Eigenvalue” değerlerinin hesaplanması
- Geometrik rijitliğin dikkate alınması
- Deplasmanların animasyonu yapılabilmektedir.

#### **4.4. Bu Projede Kullanılan NeuroSolutions Microsoft Excel Eklentisi**

Amerikan Neuro Dimensions Şirketi'nin bir ürünü olan NeuroSolutions yazılımı; Microsoft Excel'in alt yapısını kullanarak çok çeşitli sinir ağlarının kolaylıkla oluşturulmasına yardımcı olur. Bu program özel Microsoft Excel eklentisi kullanılarak; mevcut tablolar halindeki verilerin kolaylıkla “Girdi”, “Çıktı”, “Eğitim Seti” ve “Test Seti” şeklinde işaretlenebilmesini ve bu veriler yoluyla da istenilen algoritma ile herhangi bir sinir ağının oluşturulmasını kolaylıkla sağlar. Oluşturulan sinir ağının performansı oluşturulan çeşitli raporlarla kolaylıkla izlenebilir.

Microsoft Excel için hazırlanmış olan bu eklenti 8 farklı modülden oluşmaktadır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz;

- 1) Ön İşlem Verisi: Sinir ağında girdi olarak kullanılacak olan verilerin düzenlenmesine yardımcı olur.
- 2) Verinin Analizi: Ön işlem seviyesinde veriler hakkında çeşitli bilgiler elde etme yada sinir ağının çıktısının analizinde bu modülden faydalanılır.
- 3) Verilerin İşaretlenmesi: Grafikselsel olarak verilerin “Girdi”, “Çıktı”, “Eğitim Verisi” yada “Test Verisi” şeklinde işaretlenmesine yardımcı olur.
- 4) Veri Dosyalarının Oluşturulması: Mevcut verilerin sınırlı oranda ASCII formatına dönüştürülmesine yardımcı olur.
- 5) Sinir Ağının Oluşturulması: NeuroSolutions ara yüzünden faydalanarak istenilen algoritma ve ağ türüne sahip bir sinir ağı oluşturulabilir.
- 6) Ağın Eğitilmesi: Çeşitli eğitim prosesleri yoluyla ağın eğitilmesi sağlanır. Bu modülün en güçlü yanlarından bir tanesi de özel bir problem için optimum sonucu kolaylıkla bulabilmesidir.
- 7) Ağın Test Edilmesi: Eğitim modülü kullanılarak elde edilen optimum ağın test edilmesini sağlar.
- 8) Ürün Girdilerinin Veri Setine Uygulanması: Çıktının bilinemediği veri setlerine çıktının tahmin edilebilmesi amacıyla uygulanır.

## **BÖLÜM 5.**

### **BULGULAR VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

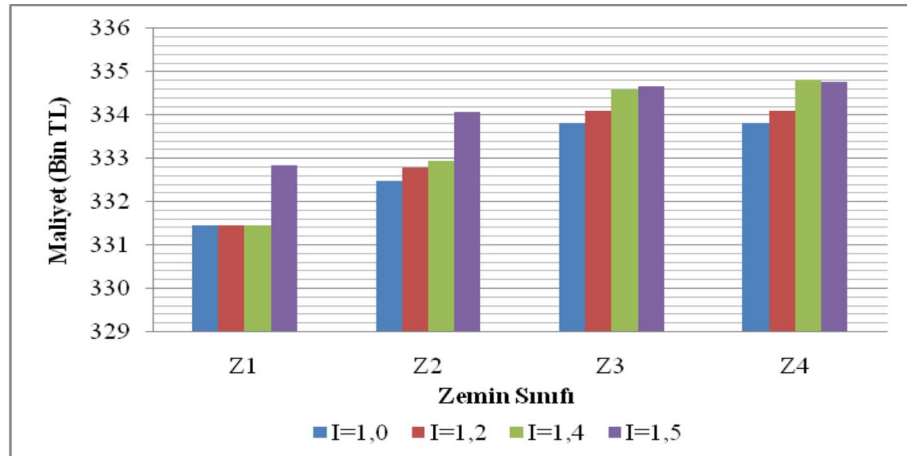
Her bir proje için; bina önem katsayısı, deprem bölgesi ve zemin sınıfı olan yapı parametrelerini değiştirerek yapılan 64 analiz sonucunda, her analizden sonra metraj alınarak kaydedilmiştir.

Yapılan araştırma sonucunda; betonarme konut türü bir binanın 7 ve 15 katlı olarak; dört değişik deprem bölgesinin her birinde dört farklı yerel zemin sınıfı ve bunların her biri için statik betonarme çözümleri yapılmıştır. Her çözüm sonucunda, bina taşıyıcı sistem maliyetine ait; beton, demir, kalıp ve kalıp metrajları çıkarılarak, maliyet hesabı yapılmıştır. Bu metrajlar 2010 birim fiyatlarına göre kaba inşaat maliyeti hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarında alınan metrajlar ve bununla birlikte hesaplanan kaba inşaat maliyetleri Bölüm 5'te detaylı olarak tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 5.1: 7 Katlı Binanın Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti

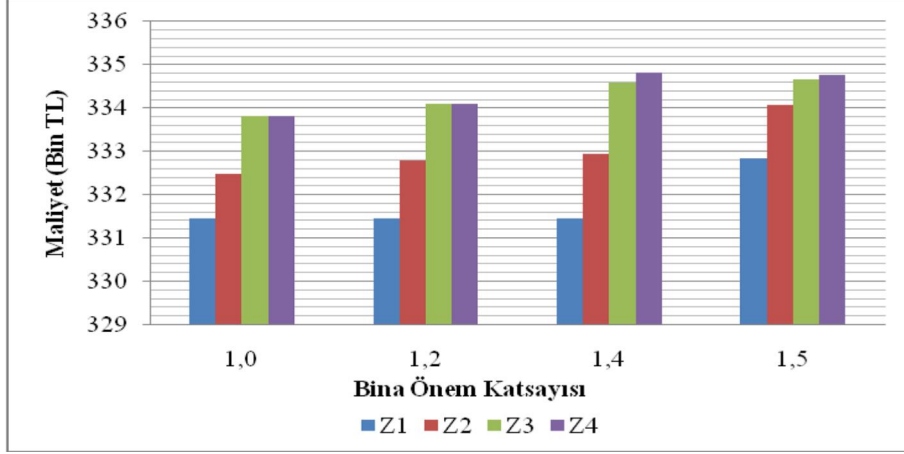
PARAMETRELER			METRAJ			
DEPREM BÖLGESİ	ZEMİN SINIFI	BİNA ÖNEM KATSAYISI	BETON (m <sup>3</sup> )	KALIP (m <sup>2</sup> )	DONATI (Kg)	MALİYET (TL)
4.Derece	Z1	I=1,0	1059,86	7748,97	105689,31	331440,73
		I=1,2	1059,86	7748,97	105689,31	331440,73
		I=1,4	1059,86	7748,97	105689,31	331440,73
		I=1,5	1061,76	7761,12	106469,61	332844,65
	Z2	I=1,0	1061,76	7761,12	106209,88	332481,03
		I=1,2	1061,76	7761,12	106423,55	332780,17
		I=1,4	1061,76	7761,12	106537,65	332939,91
		I=1,5	1063,68	7773,07	107119,41	334065,87
	Z3	I=1,0	1063,68	7773,07	106948,95	333827,23
		I=1,2	1063,68	7773,07	107142,37	334098,02
		I=1,4	1063,68	7773,07	107485,88	334578,93
		I=1,5	1063,68	7773,07	107542,49	334658,19
	Z4	I=1,0	1063,68	7773,07	106948,95	333827,23
		I=1,2	1063,68	7773,07	107142,37	334098,02
		I=1,4	1064,16	7776,11	107592,52	334806,63
		I=1,5	1063,68	7773,07	107611,26	334754,46

Tablo 5.1'den anlaşıldığı gibi dördüncü derece deprem bölgesinde zemin sınıfı ve bina önem katsayısı parametrelerin değişimi ile maksimum metraj farkı 3,52 m<sup>3</sup> beton, 24,10 m<sup>2</sup> kalıp ve 1922 kg donatı olmuştur. Bu koşullarda maliyeti en fazla etkileyen donatı olmuştur.



Şekil 5.1: 7 Katlı Binanın Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği

Şekil 5.1’de dördüncü derece deprem bölgesinde zemin sınıfının Z1 olduğu durumlarda bina önem katsayısının kaba inşaat maliyetini çok az etkilediği görülmektedir. Z2 zemin sınıfında ise bu değişimin belirgin hale geldiği açıktır. Z3 ve Z4 zemin sınıfında ise sözkonusu değişim maksimum 927,23 TL olmuştur.



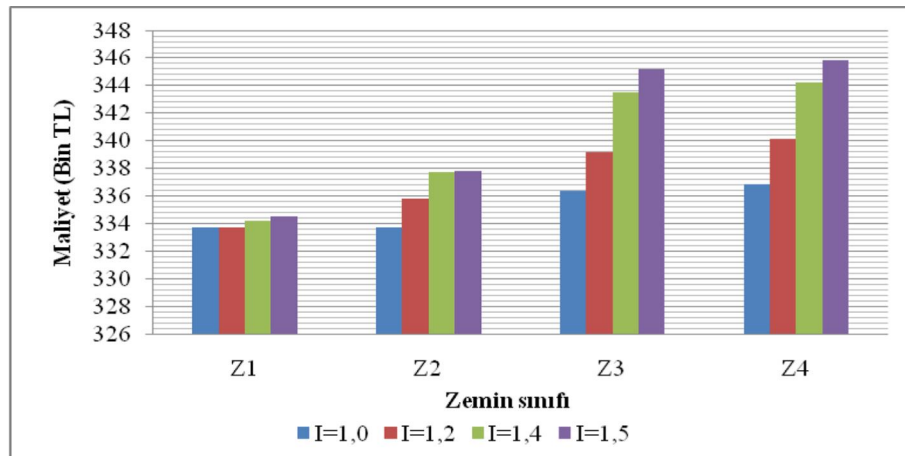
Şekil 5.2: 7 Katlı Binanın Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfı Maliyet Değişim Grafiği

Şekil 5.2’de dördüncü derece deprem bölgesinde ve bina önem katsayısının 1,0 olduğu durumda Z4 ile Z1 arasındaki kaba inşaat maliyet farkı 2386 TL olmuştur. Bina önem katsayısının 1,2; 1,4 ve 1,5 olduğu durumda bu fark daha da artmış ve 3366 TL olmuştur.

Tablo 5.2: 7 Katlı Binanın Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti

PARAMETRELER			METRAJ			MALİYET (TL)
DEPREM BÖLGESİ	ZEMİN SINIFI	BİNA ÖNEM KATSAYISI	BETON (m <sup>3</sup> )	KALIP (m <sup>2</sup> )	DONATI (Kg)	
3.Derece	Z1	I=1,0	1061,76	7761,12	107118,85	333753,59
		I=1,2	1061,76	7761,12	107118,85	333753,59
		I=1,4	1061,00	7761,12	107472,91	334173,27
		I=1,5	1061,76	7761,12	107680,92	334540,49
	Z2	I=1,0	1061,76	7761,12	107118,85	333753,59
		I=1,2	1063,68	7773,07	108383,89	335836,15
		I=1,4	1063,67	7773,27	109741,95	337738,43
		I=1,5	1063,67	7773,27	109806,63	337828,98
	Z3	I=1,0	1063,67	7773,27	108770,64	336378,60
		I=1,2	1065,58	7785,23	110538,58	339164,31
		I=1,4	1067,96	7790,94	113440,16	343521,62
		I=1,5	1067,96	7790,94	114621,11	345174,95
	Z4	I=1,0	1065,58	7785,23	108862,80	336818,22
		I=1,2	1067,49	7797,38	110996,30	340117,62
		I=1,4	1069,86	7803,09	113732,61	344242,55
		I=1,5	1069,86	7803,09	114845,79	345801,01

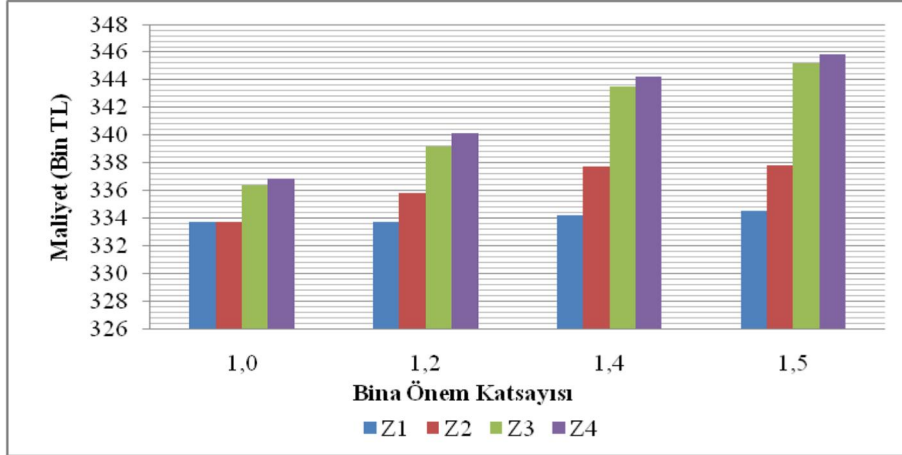
Tablo 5.2'den anlaşıldığı gibi üçüncü derece deprem bölgesinde zemin sınıfı ve bina önem katsayısı parametrelerin değişimi ile maksimum metraj farkı 8,10 m<sup>3</sup> beton, 42 m<sup>2</sup> kalıp ve 7727 kg donatı olmuştur. Bu koşullarda maliyeti en fazla etkileyen donatı olmuştur.



Şekil 5.3: 7 Katlı Binanın Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği



Şekil 5.3’de görüldüğü gibi Z1 ve Z2 zemin sınıfının olduğu koşullarda bina önem katsayısı değişimi ile meydana gelen kaba inşaat maliyet farkının çok az olduğu görülmektedir. Söz konusu kaba inşaat maliyet değişimi Z3 ve Z4 zemin sınıflarında ise oldukça belirginleşmektedir.



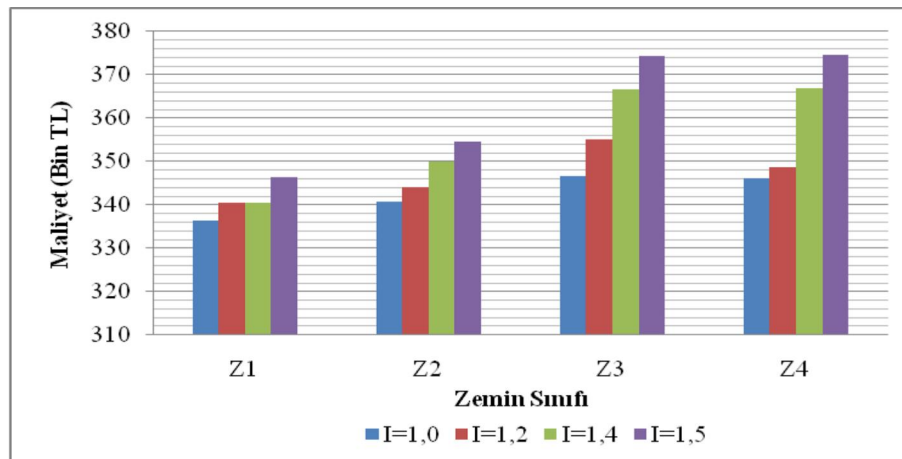
Şekil 5.4. 7 Katlı Binanın Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfı Maliyet Değişim Grafiği

Şekil 5.4 grafiğinde bina önem katsayısının 1,0 olduğu durumda Z1 ve Z2 zemin sınıfındaki maliyet aynı fakat Z3 ve Z4 zemin sınıflarında Z1 ve Z2 zemin sınıflarına nazaran yaklaşık 3000 TL artış göstermiştir. Bina önem katsayısının 1,2 olduğu durumda zemin sınıfına bağlı olarak maliyet değişim farkı 6363 TL’ye kadar çıkmıştır. Bina önem katsayısının 1,4 ve 1,5 olduğu durumda ise bu maliyet farkı oldukça artmış ve 11260 TL’ye kadar çıkmıştır.

Tablo 5.3. 7 Katlı Binanın İkinci Derece Deprem Bölgesinde Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti

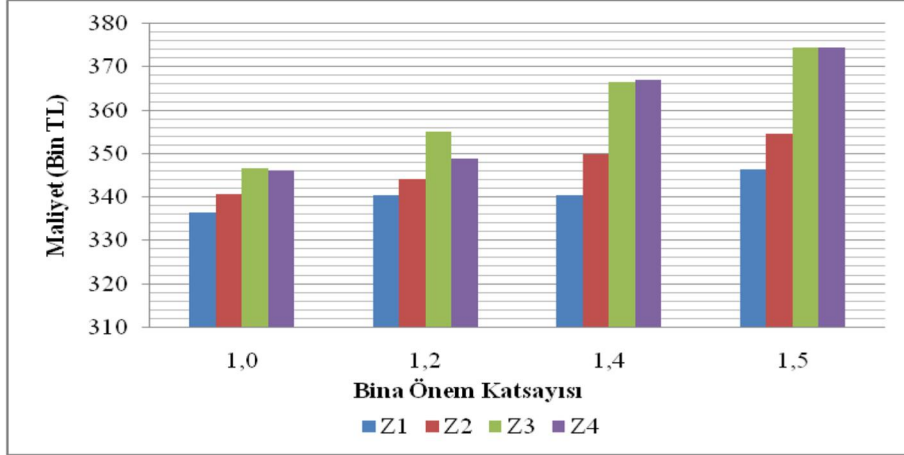
PARAMETRELER			METRAJ			
DEPREM BÖLGESİ	ZEMİN SINIFI	BİNA ÖNEM KATSAYISI	BETON (m <sup>3</sup> )	KALIP (m <sup>2</sup> )	DONATI (Kg)	MALİYET (TL)
2.Derece	Z1	I=1,0	1063,68	7773,07	108766,46	336371,74
		I=1,2	1068,93	7796,82	111155,69	340479,17
		I=1,4	1068,93	7796,82	111155,69	340479,17
		I=1,5	1070,83	7808,97	115105,63	346320,58
	Z2	I=1,0	1068,93	7796,82	111337,65	340733,91
		I=1,2	1070,83	7808,97	113569,90	344170,56
		I=1,4	1069,88	7802,89	117786,18	349917,55
		I=1,5	1072,73	7821,12	120717,62	354488,87
	Z3	I=1,0	1069,88	7802,89	115365,08	346528,01
		I=1,2	1071,78	7815,05	121251,25	355080,25
		I=1,4	1071,78	7815,05	129474,52	366592,83
		I=1,5	1074,65	7833,08	134693,37	374366,52
	Z4	I=1,0	1071,78	7815,05	114915,41	346210,07
		I=1,2	1071,78	7815,05	116711,16	348724,12
		I=1,4	1073,70	7827,00	129474,52	366904,33
		I=1,5	1075,42	7839,06	134693,37	374503,32

Tablo 5.3'den anlaşıldığı gibi ikinci derece deprem bölgesinde zemin sınıfı ve bina önem katsayısı parametrelerin değişimi ile maksimum metraj farkı 11,74 m<sup>3</sup> beton, 66 m<sup>2</sup> kalıp ve 25927 kg donatı olmuştur. Bu koşullarda maliyeti en fazla etkileyen donatı olmuştur.



Şekil 5.5. 7 Katlı Binanın İkinci Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği

Şekil 5.5’de görüldüğü gibi ikinci derece deprem bölgesinde Z1 zemin sınıfında bina önem katsayısına bağlı olarak yaklaşık kaba inşaat maliyet farkı 9950 TL, Z2 zemin sınıfında 13750 TL, Z3 zemin sınıfında 27840 TL ve son olarak Z4 zemin sınıfında 28300 TL’dir.



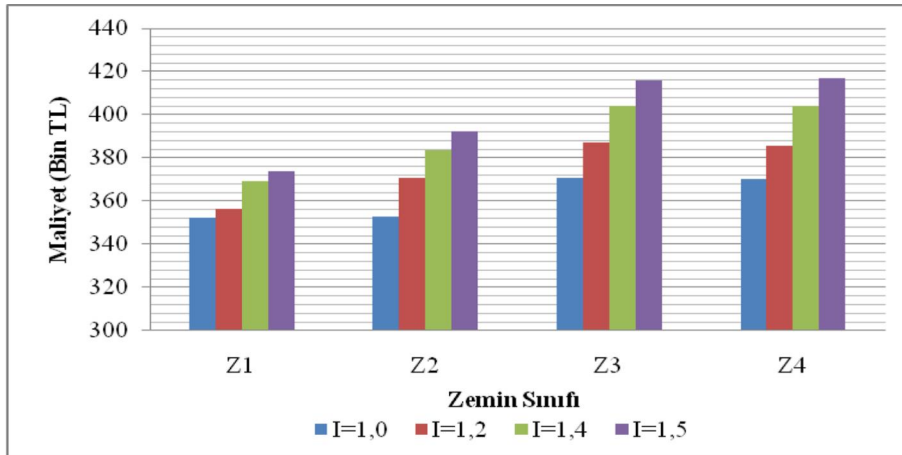
Şekil 5.6. 7 Katlı Binanın İkinci Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfının Maliyet Değişim Grafiği

İkinci derece deprem bölgesinde bina önem katsayısının 1,0 olduğu durumda zemin sınıfına bağlı olarak kaba inşaatta meydana gelen maliyet farkı yaklaşık 9840 TL iken bina önem katsayısının 1.5 olduğu durumda 28180 TL’ye çıkmıştır.

Tablo 5.4. 7 Katlı Binanın Birinci Derece Deprem Bölgesinde Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti

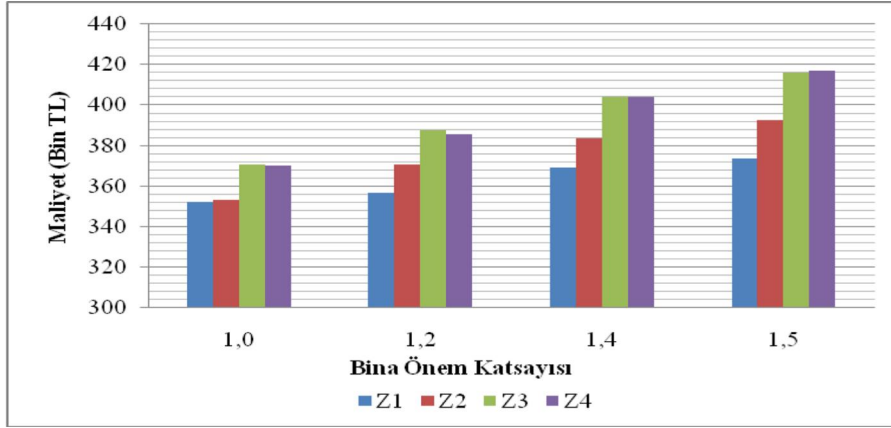
PARAMETRELER			METRAJ			MALİYET (TL)
DEPREM BÖLGESİ	ZEMİN SINIFI	BİNA ÖNEM KATSAYISI	BETON (m <sup>3</sup> )	KALIP (m <sup>2</sup> )	DONATI (Kg)	
1.Derece	Z1	I=1,0	1098,00	7859,87	116970,61	352157,55
		I=1,2	1099,87	7871,75	119930,84	356607,68
		I=1,4	1105,11	7895,49	128377,25	369194,05
		I=1,5	1107,03	7907,45	131325,19	373632,77
	Z2	I=1,0	1098,00	7859,87	117607,44	353049,12
		I=1,2	1107,74	7907,36	129158,51	370669,51
		I=1,4	1108,54	7907,45	138490,69	383815,47
		I=1,5	1111,22	7919,40	144368,38	392431,73
	Z3	I=1,0	1105,87	7895,49	129362,03	370648,74
		I=1,2	1111,17	7919,32	140798,50	387428,10
		I=1,4	1111,89	7919,04	152680,92	404132,69
		I=1,5	1116,24	7936,79	160820,38	416140,43
	Z4	I=1,0	1108,49	7907,36	128659,41	370045,77
		I=1,2	1112,84	7925,11	139460,21	385779,39
		I=1,4	1111,89	7919,04	152680,92	404132,69
		I=1,5	1120,80	7953,51	160820,38	416763,63

Tablo 5.4'den anlaşıldığı gibi birinci derece deprem bölgesinde zemin sınıfı ve bina önem katsayısı parametrelerin değişimi ile maksimum metraj farkı 22,8 m<sup>3</sup> beton, 94 m<sup>2</sup> kalıp ve 43850 kg donatı olmuştur.



Şekil 5.7. 7 Katlı Binanın Birinci Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği

Şekil 5.7'ye göre, bina önem katsayısına bağlı olarak kaba inşaat maliyet değişimi, zemin sınıfına göre kademeli olarak artış göstermektedir. Bu artış Z1 olduğu durumda 21575 TL iken, Z4 zemin sınıfında 46717 TL olmuştur.



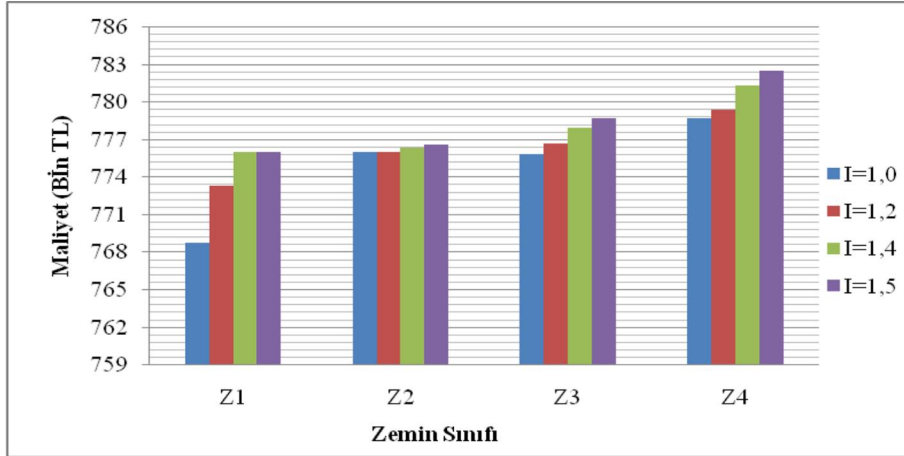
Şekil 5.8. 7 Katlı Binanın Birinci Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfının Maliyet Değişim Grafiği

Şekil 5.8'e göre, zemin sınıfına bağlı olarak kaba inşaat maliyet değişimi, bina önem katsayısına göre kademeli olarak artış göstermektedir.

Tablo 5.5. 15 Katlı Binanın Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti

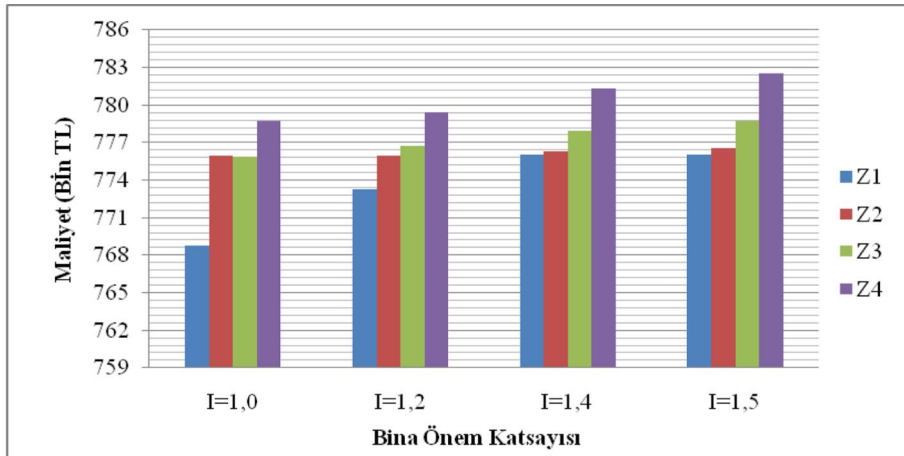
PARAMETRELER			METRAJ			
DEPREM BÖLGESİ	ZEMİN SINIFI	BİNA ÖNEM KATSAYISI	BETON (m <sup>3</sup> )	KALIP (m <sup>2</sup> )	DONATI (Kg)	MALİYET (TL)
4.Derece	Z1	I=1,0	2371,26	16801,82	259738,98	768778,77
		I=1,2	2402,35	16942,01	259738,98	773289,67
		I=1,4	2402,35	16942,01	261672,12	775996,07
		I=1,5	2402,35	16942,01	261672,12	775996,07
	Z2	I=1,0	2402,35	16942,01	261668,71	775991,29
		I=1,2	2402,35	16942,01	261668,71	775991,29
		I=1,4	2402,38	16942,04	261899,85	776318,19
		I=1,5	2402,36	16942,02	262092,81	776586,13
	Z3	I=1,0	2396,67	16916,48	262161,72	775858,21
		I=1,2	2402,46	16942,14	262161,72	776693,81
		I=1,4	2402,46	16942,14	263056,16	777946,02
		I=1,5	2402,36	16942,02	263636,62	778747,47
	Z4	I=1,0	2402,36	16942,02	263636,62	778747,47
		I=1,2	2402,46	16942,14	264093,82	779398,75
		I=1,4	2402,38	16942,04	265468,80	781314,72
		I=1,5	2402,36	16942,02	266318,81	782502,53

Tablo 5.5'den anlaşıldığı gibi dördüncü derece deprem bölgesinde zemin sınıfı ve bina önem katsayısı parametrelerin değişimi ile maksimum metraj farkı  $31,1 \text{ m}^3$  beton,  $140 \text{ m}^2$  kalıp ve  $6580 \text{ kg}$  donatı olmuştur.



Şekil 5.9. 15 Katlı Binanın Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği

Şekil 5.9'da görüldüğü gibi Z1 zemin sınıfı durumunda bina önem katsayısına göre kaba inşaat maliyet değişiminde  $7217 \text{ TL}$ 'lik bir artış vardır. Ancak Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıflarında bu artış oldukça düşmektedir.



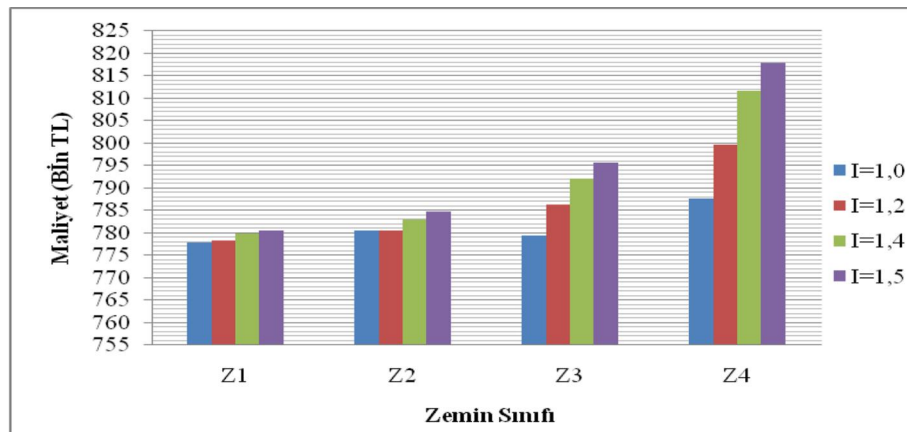
Şekil 5.10. 15 Katlı Binanın Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfının Maliyet Değişim Grafiği

Şekil 5.10'da, bina önem katsayısının 1,0; 1,2; 1,4 ve 1,5 olduğu durumlarda zemin sınıflarına bağlı olarak meydana gelen maliyet değişimi 6000 ile 9500 TL arasında artış gösterdiği görülmektedir.

Tablo 5.6. 15 Katlı Binanın Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti

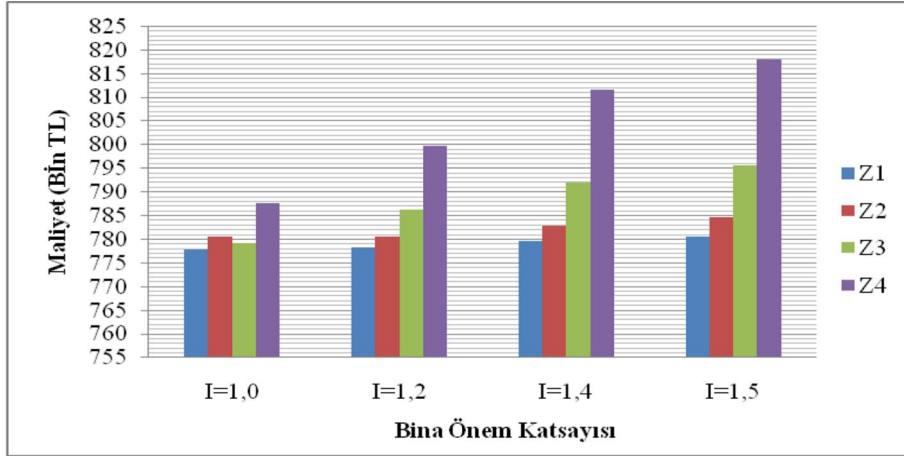
PARAMETRELER			METRAJ			
DEPREM BÖLGESİ	ZEMİN SINIFI	BİNA ÖNEM KATSAYISI	BETON (m <sup>3</sup> )	KALIP (m <sup>2</sup> )	DONATI (Kg)	MALİYET (TL)
3.Derece	Z1	I=1,0	2399,54	16929,29	263270,19	777825,17
		I=1,2	2402,35	16942,01	263270,19	778233,37
		I=1,4	2402,35	16942,01	264337,31	779727,33
		I=1,5	2402,35	16942,01	264915,30	780536,52
	Z2	I=1,0	2402,46	16942,14	264915,30	780548,82
		I=1,2	2402,46	16942,14	264915,30	780548,82
		I=1,4	2402,46	16942,14	266621,24	782937,14
		I=1,5	2402,46	16942,14	267830,19	784629,67
	Z3	I=1,0	2396,67	16916,48	264607,00	779281,60
		I=1,2	2402,46	16942,14	268940,50	786184,10
		I=1,4	2402,46	16942,14	273144,89	792070,25
		I=1,5	2402,46	16942,14	275699,94	795647,32
	Z4	I=1,0	2396,67	16916,48	270613,13	787690,18
		I=1,2	2402,46	16942,14	278547,60	799634,04
		I=1,4	2402,46	16942,14	287126,22	811644,11
		I=1,5	2402,46	16942,14	291582,53	817882,94

Tablo 5.6'dan anlaşıldığı gibi üçüncü derece deprem bölgesinde zemin sınıfı ve bina önem katsayısı parametrelerin değişimi ile maksimum metraj farkı 2,92 m<sup>3</sup> beton, 12,85 m<sup>2</sup> kalıp ve 28312,34 kg donatı olmuştur.



Şekil 5.11. 15 Katlı Binanın Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği

Şekil 5.11’de Z1 ve Z2 zemin sınıfı durumunda bina önem katsayısının değişimi ile kaba inşaat maliyetinin çok az değiştiği ancak Z3 ve Z4 zemin sınıflarında kademeli olarak çok değiştiği görülmektedir.



Şekil 5.12. 15 Katlı Binanın Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfının Maliyet Değişim Grafiği

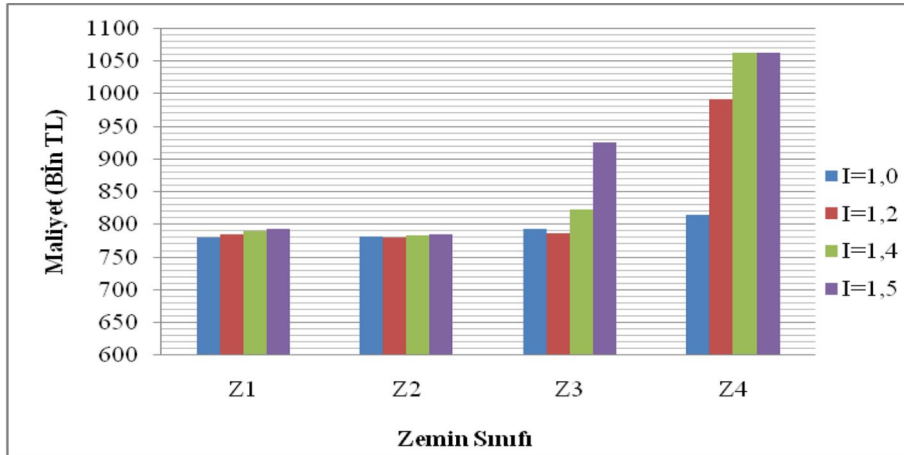
Şekil 5.12’de Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıflarına bağlı olarak kaba inşaat maliyetinin fazla değişmediği ancak Z4 zemin sınıfında çok arttığı görülmektedir.

Tablo 5.7. 15 Katlı Binanın İkinci Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti

PARAMETRELER			METRAJ			
DEPREM BÖLGESİ	ZEMİN SINIFI	BİNA ÖNEM KATSAYISI	BETON (m <sup>3</sup> )	KALIP (m <sup>2</sup> )	DONATI (Kg)	MALİYET (TL)
2.Derece	Z1	I=1,0	2399,54	16929,54	264256,89	779209,05
		I=1,2	2402,35	16942,01	267649,13	784363,88
		I=1,4	2402,35	16942,01	271017,06	789078,98
		I=1,5	2402,36	16942,02	273344,50	792338,50
	Z2	I=1,0	2396,67	16916,48	266590,11	782057,95
		I=1,2	2402,46	16942,14	264915,30	780548,82
		I=1,4	2402,38	16942,14	266621,24	782929,14
		I=1,5	2402,38	16942,14	267830,19	784621,67
	Z3	I=1,0	2396,67	16916,48	274664,08	793361,51
		I=1,2	2402,46	16942,14	268940,50	786184,10
		I=1,4	2402,38	16942,14	295598,83	823497,76
		I=1,5	2405,17	16954,38	367973,22	925223,31
	Z4	I=1,0	2396,67	16916,48	290432,32	815437,05
		I=1,2	2554,01	18741,66	391797,50	991334,10
		I=1,4	2618,95	17934,60	443833,43	1062607,80
		I=1,5	2618,95	17934,60	443833,43	1062607,80

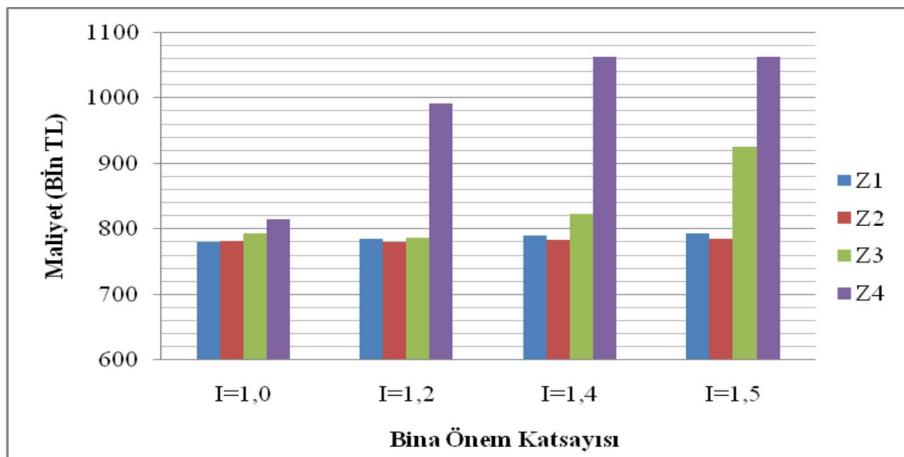


Tablo 5.7’den anlaşıldığı gibi ikinci derece deprem bölgesinde zemin sınıfı ve bina önem katsayısı parametrelerin değişimi ile maksimum metraj farkı 219,41 m<sup>3</sup> beton, 1005 m<sup>2</sup> kalıp ve 179576,54 kg donatı olmuştur.



Şekil 5.13. 15 Katlı Binanın İkinci Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği

Şekil 5.13’e göre bina önem katsayısının kaba inşaat maliyetine etkisi, Z1 ve Z2 zemin sınıflarında çok az iken Z3 zemin sınıfında biraz artmış, Z4 ise çok fazla artmıştır.



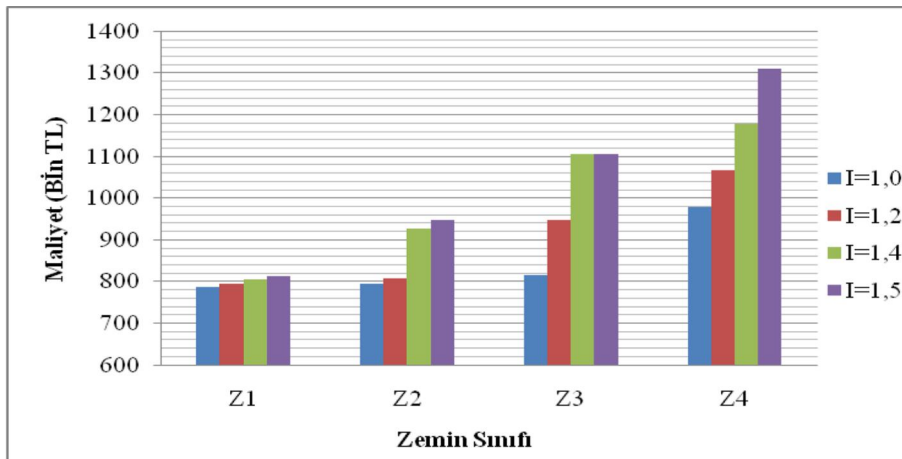
Şekil 5.14. 15 Katlı Binanın İkinci Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfının Maliyet Değişim Grafiği

Şekil 5.14’de Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıflarının değişimi kaba inşaat maliyetini çok az etkilediği, Z4 zemin sınıfı ise büyük etki gösterdiği açıktır.

Tablo 5.8. 15 Katlı Binanın Birinci Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Göre Kaba İnşaat Maliyeti

PARAMETRELER			METRAJ			MALİYET (TL)
DEPREM BÖLGESİ	ZEMİN SINIFI	BİNA ÖNEM KATSAYISI	BETON (m <sup>3</sup> )	KALIP (m <sup>2</sup> )	DONATI (Kg)	
1.Derece	Z1	I=1,0	2399,54	16929,29	268941,78	785765,39
		I=1,2	2402,35	16942,01	275861,73	795861,52
		I=1,4	2402,35	16942,01	282938,08	805768,41
		I=1,5	2402,36	16942,02	287613,55	812315,17
	Z2	I=1,0	2396,67	16916,48	275145,41	794035,37
		I=1,2	2402,46	16942,14	285074,97	808772,36
		I=1,4	2429,11	16989,83	367430,99	927212,69
		I=1,5	2431,90	17002,16	382427,93	948610,70
	Z3	I=1,0	2396,67	16916,48	290206,04	815120,26
		I=1,2	2436,39	17021,28	380952,43	947185,20
		I=1,4	2618,65	17962,61	474699,29	1106070,11
		I=1,5	2618,65	17962,61	474699,29	1106070,11
	Z4	I=1,0	2467,76	17064,16	401122,09	978988,53
		I=1,2	2542,56	17260,78	457809,37	1067796,92
		I=1,4	2701,17	18003,66	519537,76	1177506,46
		I=1,5	2920,66	18305,17	595693,90	1309089,16

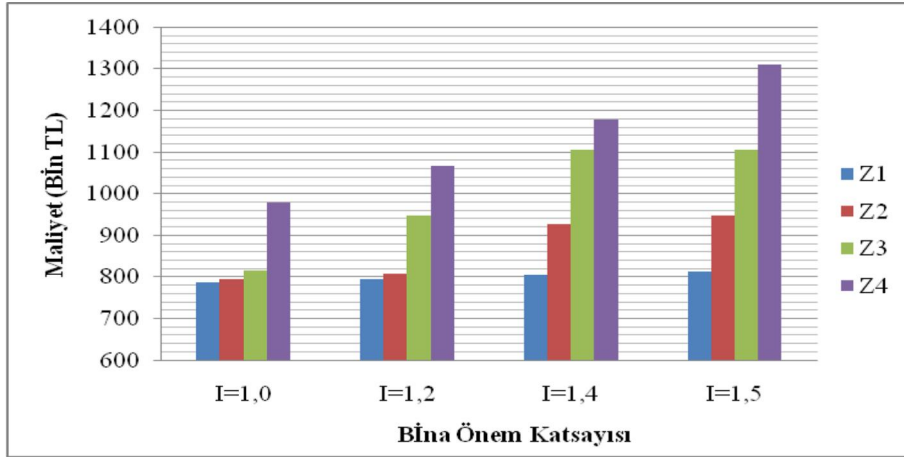
Tablo 5.8'den anlaşıldığı gibi birinci derece deprem bölgesinde zemin sınıfı ve bina önem katsayısı parametrelerin değişimi ile maksimum metraj farkı 521,12 m<sup>3</sup> beton, 1376 m<sup>2</sup> kalıp ve 326752 kg donatı olmuştur.



Şekil 5.15. 15 Katlı Binanın Birinci Derece Deprem Bölgesinde, Zemin Sınıfına Göre Bina Önem Katsayısının Maliyet Değişim Grafiği

Şekil 5.15'de görüldüğü gibi Z1 zemin sınıfında bina önem katsayısının kaba inşaat maliyetine etkisinin çok az olduğu, Z2 zemin sınıfında bu etkinin biraz arttığı

görülmüştür. Z3 zemin sınıfında bu etki biraz daha belirginleşip Z4 zemin sınıfında maksimum seviyeye ulaşmıştır.

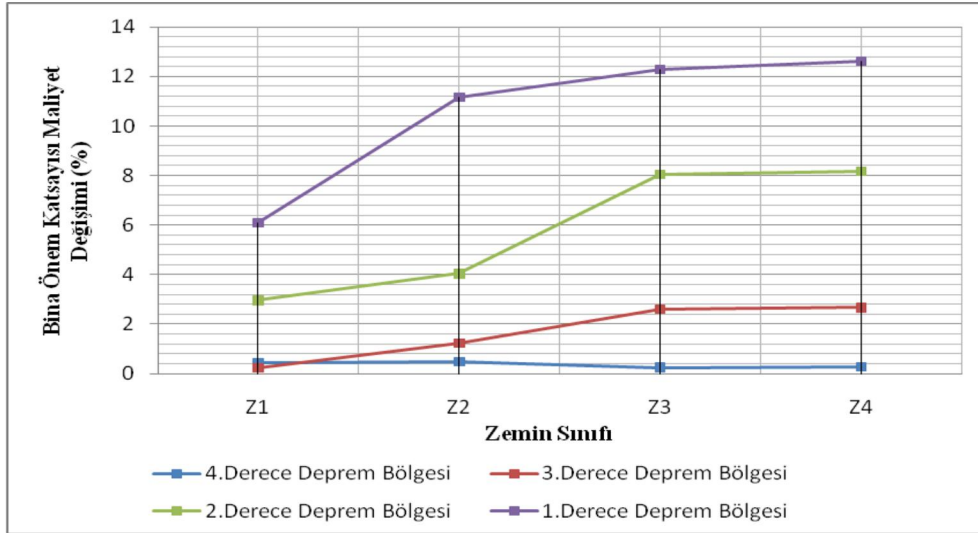


Şekil 5.16. 15 Katlı Binanın Birinci Derece Deprem Bölgesinde, Bina Önem Katsayısına Göre Zemin Sınıfının Maliyet Değişim Grafiği

Şekil 5.16'da zemin sınıfına bağlı olarak kaba inşaat maliyeti değişimi, bina önem katsayısının 1,4 ve 1,5 olduğu durumda bina önem katsayısının 1,0 ve 1,2 olduğu duruma nazaran çok fazla olduğu görülmüştür.

## 5.1. 7 Katlı Bina

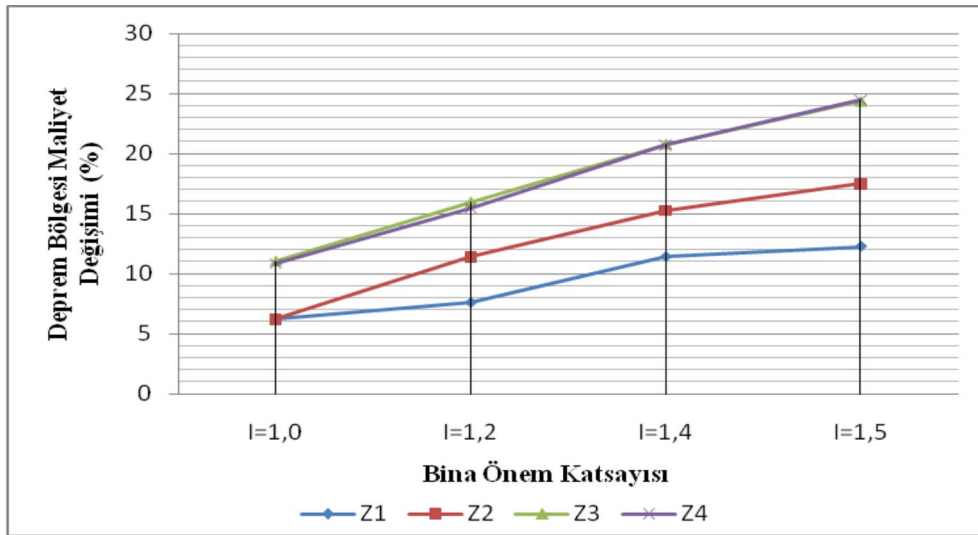
### 5.1.1. Bina önem katsayısı



Şekil 5.17. 7 Katlı Binanın, Bina Önem Katsayısının Deprem Bölgesi ve Zemin Sınıfına Bağlı Olarak Meydana Gelen Maliyet Yüzde Değişimi

Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı gibi bina önem katsayısı dördüncü dereceden deprem bölgesinde önemsenmeyecek derecede değişime uğramıştır. Üçüncü derece deprem bölgesine gidildiğinde özellikle Z3 ve Z4 zemin sınıflarında bu oran %2,7'ye ulaşmıştır. İkinci derece deprem bölgesinde bu maliyet yüzde değişimi oldukça belirginleşmiş ve %3'ten %8'e kadar ulaşmıştır. Son olarak birinci derece deprem bölgesinde ve zemin sınıflarının değişimi ile bağlı olarak, bina önem katsayısının binaya etkilemiş olduğu kaba inşaat maliyet değişimi Z1 zemin sınıfında %6, Z2'de %11,15, Z3'te %12,27 ve Z4'te de %12,62 olmuştur.

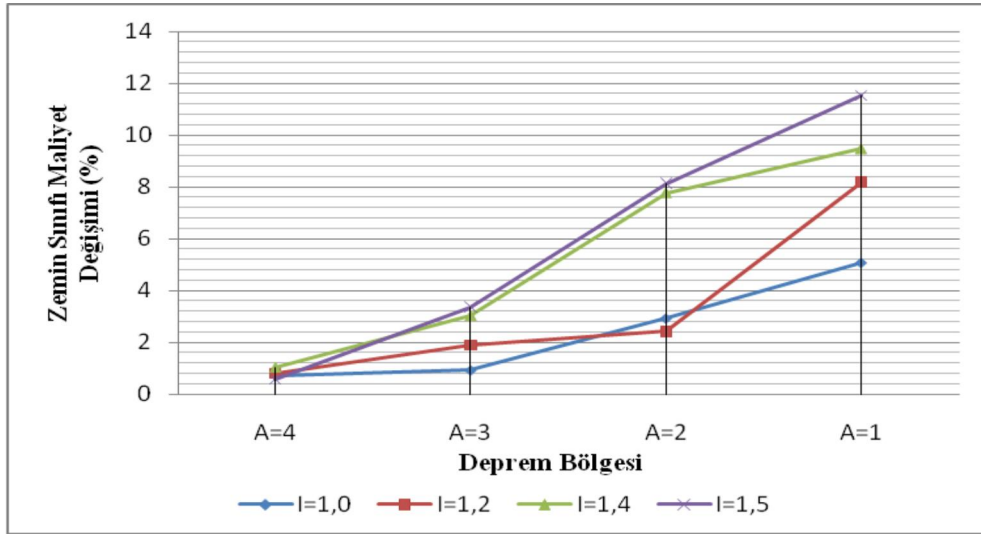
### 5.1.2. Deprem bölgesi



Şekil 5.18. 7 Katlı Binanın, Deprem Bölgesinin Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Bağlı Olarak Meydana Gelen Maliyet Yüzde Değişimi

Deprem bölgesinin maliyet yüzde değişimi, Z1 zemin sınıfında ve bina önem katsayısına bağlı olarak %6 ile %12 arasında bir artış göstermiştir. Z2 zemin sınıfında bu artış oranı %6'dan %17,5'e kadar çıkmıştır. Yine grafikte görüldüğü gibi bu oran Z3 ve Z4 zemin sınıflarında %10,8 ile %24,5 arasında lineer bir artış göstermektedir. Sonuç olarak Z3 ve Z4 zemin sınıflarında özellikle bina önem katsayısının 1,5 olduğu durumlarda deprem bölgesi parametresinin, yapı maliyeti üzerinde daha etkin olduğu görülmektedir.

### 5.1.3. Zemin sınıfı



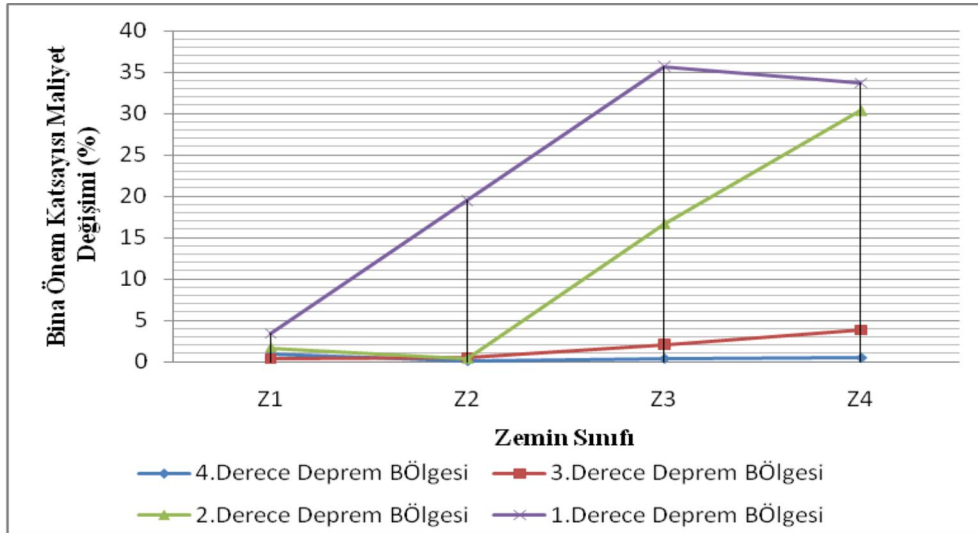
Şekil 5.19. 7 Katlı Binanın Zemin Sınıfının, Deprem Bölgesi ve Bina Önem Katsayısına Bağlı Olarak Meydana Gelen Maliyet Yüzde Değişimi

Dördüncü derece deprem bölgelerinde zemin sınıfı parametrenin değişimi, maliyeti fazla etkilediği söylenemez, ancak ikinci ve birinci derece deprem bölgelerinde bina önem katsayısına bağlı olarak oldukça değişiklik göstermektedir. Bu maliyet değişikliği; bina önem katsayısının 1,0 olduğu ve dördüncü derece deprem bölgesinde %0,7 iken birinci derece deprem bölgesinde %5, bina önem katsayısının 1,2 olduğu durumda dördüncü, üçüncü, ikinci derece deprem bölgesinde ortalama %1,8 iken birinci derece deprem bölgesinde %8, son olarak bina önem katsayısının 1,4 ve 1,5 olduğu durumda bu değişim %1'den %11,54'e kadar yaklaşık olarak lineer bir artış olduğu görülmektedir.

Bu veri sonuçlarına göre yapının en iyi durumu ile en kötü durumu karşılaştırıldığında meydana gelen maliyet farkını görebiliriz; 7 katlı binanın en iyi koşulu ile en kötü koşulu arasında %25,74 kaba inşaat maliyet değişimi elde edilmiştir.

## 5.2. 15 Katlı Bina

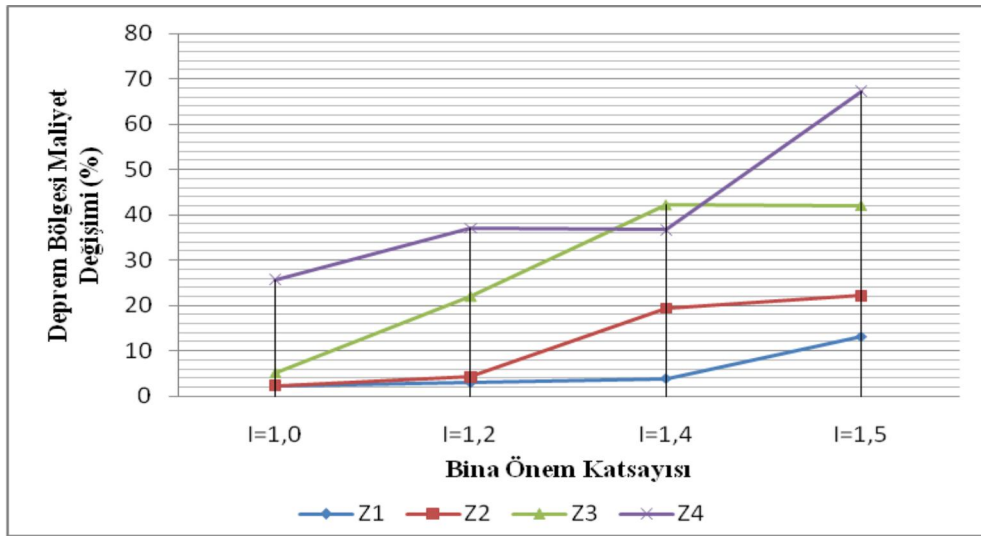
### 5.2.1. Bina önem katsayısı



Şekil 5.20. 15 Katlı Binanın, Bina Önem Katsayısının Deprem Bölgesi ve Zemin Sınıfına Bağlı Olarak Meydana Gelen Maliyet Yüzde Değişimi

15 katlı binanın, bina önem katsayısının yapı üzerindeki maliyeti; ikinci derece, üçüncü derece ve dördüncü derecede Z1 ve Z2 zemin sınıflarında pek etkin olmadığı görülmüştür. Yani bu bölgelerde bina önem katsayısının değişimi ile meydana gelen maliyet değişimi ortalama %0.6'dır. Bina önem katsayısının yapı maliyeti üzerindeki etkisi birinci ve ikinci deprem bölgelerinde özellikle Z3 ve Z4 zemin sınıflarında oldukça belirginleşmektedir. Söz konusu oran, bu bölgelerde %13 ile %35.7 arasında değişiklik göstermektedir.

### 5.2.2. Deprem bölgesi

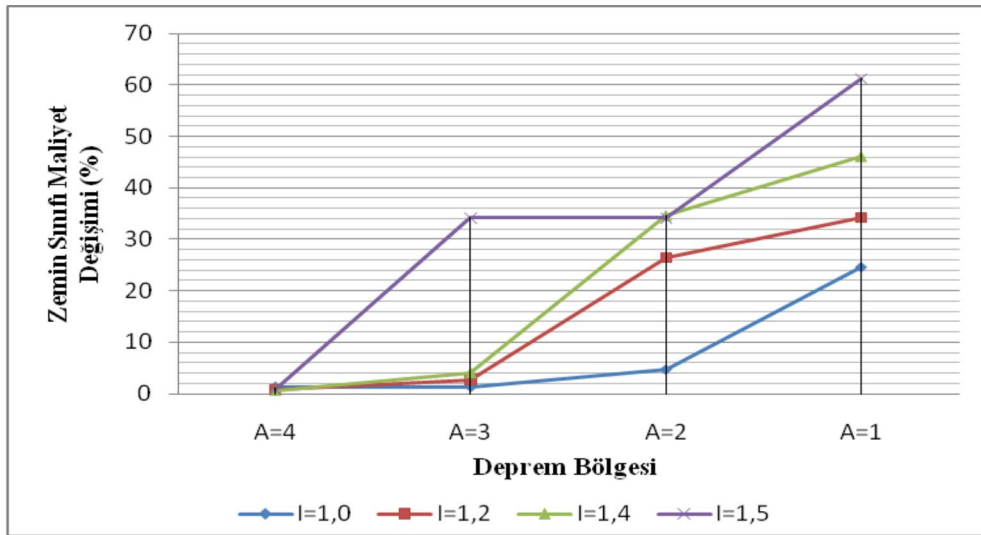


Şekil 5.21. 15 Katlı Binanın, Deprem Bölgesinin Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısına Bağlı Olarak Meydana Gelen Maliyet Yüzde Değişimi

Deprem bölgesi parametrelerinin, bina maliyeti üzerindeki etkisi bina önem katsayısına bağlı olarak Z1 zemin sınıflarında %2 ile %13 arasında, Z2 zemin sınıfında %2 ile %22 arasında, Z3 zemin sınıfında %5 ile %42 arasında ve Z4 zemin sınıfında %25 ile %68 arasında değiştiği görülmüştür.



### 5.2.3. Zemin sınıfı



Grafik 5.22. 15 Katlı Binanın Zemin Sınıfının, Deprem Bölgesi ve Bina Önem Katsayısına Bağlı Maliyet Yüzde Değişimi

Zemin sınıfının bina maliyeti üzerindeki etkisi üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde çok azdır. İkinci derece deprem bölgesinde bina önem katsayısının 1.2, 1.4 ve 1.5 olduğu durumlarda %26 ile %34 arasında değişmektedir. Birinci derece deprem bölgeinde ise bu değişim %24 ile %61 arasında değişmektedir.

Bu veri ışığında, yapının en iyi durumu ile en kötü durumu karşılaştırıldığında meydana gelen maliyet farkını görebiliriz; 15 katlı binanın en iyi koşulu ile en kötü koşulu arasında %70,28 kaba inşaat maliyet değişimi elde edilmiştir.

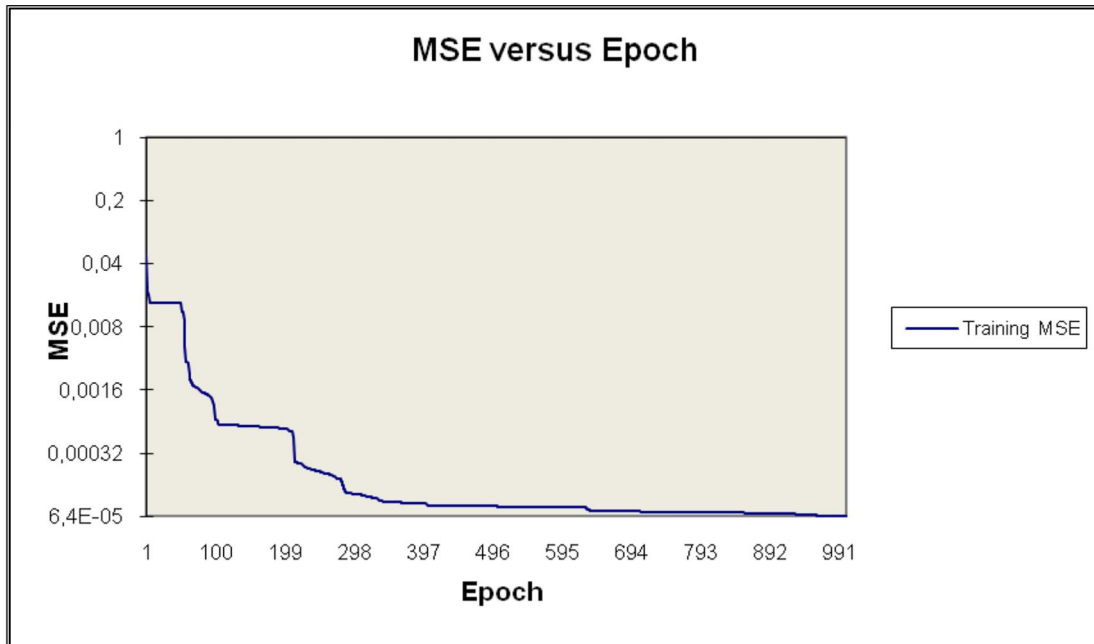
### 5.3. Elde Edilen Verilerin YSA İle Tahmini

Yapay sinir ağları kullanılarak yaklaşık kaba inşaat tahminleri yapılmıştır. Maliyet tahmininde, YSA modelinde girdi verisi olarak bina önem katsayısı, deprem bölgesi ve zemin sınıfı verilerden yararlanılmıştır. Çıktı (tahmin) verisi olarak da bu parametrelerin değişimi sonucu meydana gelen kaba inşaat maliyeti kullanılmıştır. 128 adet analiz sonucunda elde edilen maliyet verileri ile YSA da eğitim seti

oluşturulmuştur. Oluşturulan veriler YSA da eğitime tabi tutulmuştur, eğitimi yapılan veriler ise 128 adet tahmin verisinde öğrenme performansı test edilmiştir. Bu verilerin belirli bir kısmı eğitim verisi, diğerleri de test verisi olarak düzenlenmiştir. YSA tabanlı modelde söz konusu yapı parametreleri verilerinin normalizasyonu aşağıdaki formül kullanılarak yapılmıştır [16].

$$X_t = 0,8 \frac{(X_t - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} + 0,1$$

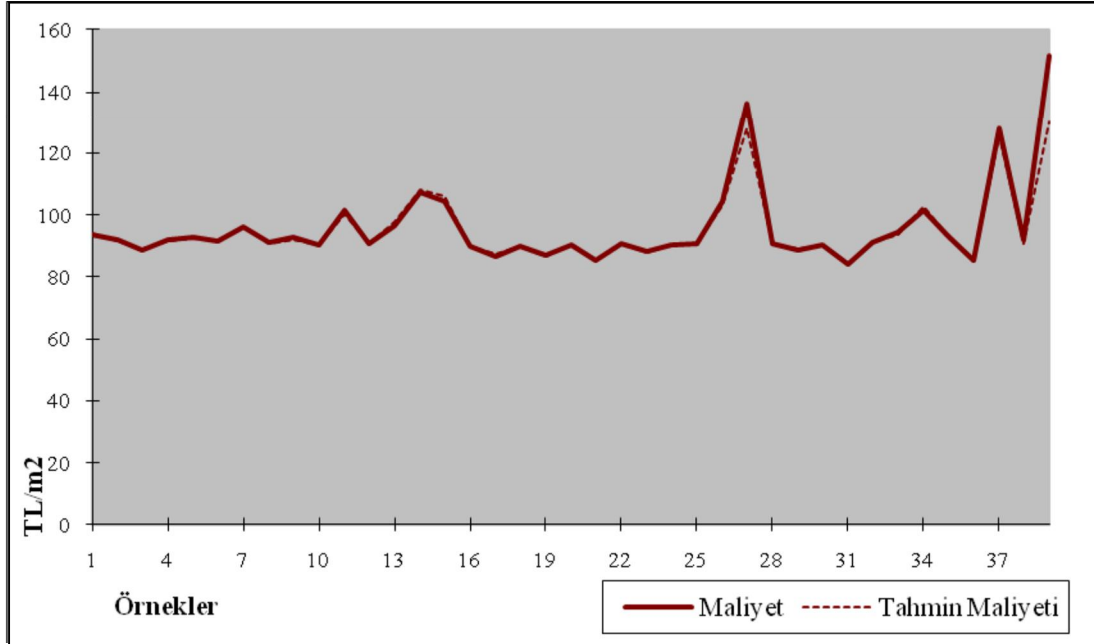
Kaba inşaat maliyet test performansına ait grafik şekil 5.23’de verilmektedir.



Şekil 5.23. Kaba İnşaat Maliyet Performansı

Tablo 5.9. Kaba inşaat maliyet test performansı Sayısal Verileri

Döngü (Epoch)	1000
Minimum Eğitim Hatası (MSE)	6,569E-05
En Son Döngüdeki Eğitim Hatası (Final MSE)	6,569E-05



Şekil 5.24. Gerçek ve Tahmin Edilen Kaba İnşaat Maliyeti

Şekil 5.24’de yaklaşık kaba inşaat maliyetine ilişkin tahmin edilen ve gerçekleşen değerler verilmektedir. YSA modelinde girdiler ile çıktılar arasında kurulan öğrenme ağı neticesinde yapılan tahmin sonuçları istatistiksel verileri Tablo 5.18’de verilmektedir.

Tablo 5.10. YSA Kaba İnşaat Yaklaşık Maliyet Tahmin Performansı

Performance	Maliyet
Ortalama Hata Kare (MSE)	14,25787895
Normalize Edilmiş Ortalama Hata Kare (NMSE)	0,076910315
Ortalama Mutlak Hata (MAE)	1,264860447
En Küçük Ortalama Mutlak Hata (Min Abs Error)	0,015271498
En Büyük Ortalama Mutlak Hata (Max Abs Error)	21,5834763
Yüzde Doğruluk Oranı ( r )	0,980486946

## BÖLÜM 6. SONUÇLAR

Yapılan araştırma sonucunda; 7 ve 15 katlı aynı tip proje incelenmiştir. Projeler; 4 farklı deprem bölgesine (1, 2, 3 ve 4 derece), 4 farklı zemin sınıfına (Z1, Z2, Z3, Z4) ve 4 farklı bina önem katsayısına (1; 1,2; 1,4 ve 1,5) göre statik ve betonarme analizi İDESTATİK 6.2007 yazılımı ile yapılmıştır.

Her çözüm sonucunda, bina taşıyıcı sistem maliyetine ait; beton, kalıp ve demir metrajları çıkarılarak maliyet hesabı yapılmıştır.

7 katlı binada deprem bölgesi ve zemin sınıfına bağlı olarak bina önem katsayısının değişimi ile kaba inşaat maliyetinde oldukça değişimler görülmüştür. Üçüncü ve dördüncü deprem bölgelerinde ve Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında bina önem katsayısının maliyete etkisi %2,7-8 değerleri arasında iken birinci ve ikinci deprem bölgelerinde %6-12,62 değerleri arasında değişmektedir. 7 katlı binanın, bina önem katsayısı ve zemin sınıfına bağlı olarak deprem bölgesinin değişimi ile kaba inşaat maliyetine etkisi; I=1,0 ve Z1 zemin sınıfında %6,25 değişim gösterirken, I=1,5 ve Z4 zemin sınıfında %24,5 değişim göstermiştir. 7 katlı binanın, deprem bölgesi ve bina önem katsayısına bağlı olarak zemin sınıfının kaba inşaat maliyetine etkisi; dördüncü derece deprem bölgesi ve bina önem katsayısının 1,0 olduğu durumda %0,72 iken, birinci derece deprem bölgesi ve bina önem katsayısının 1,5 olduğu durumda söz konusu oran %11,54 olmuştur.

15 katlı binada deprem bölgesi ve zemin sınıfına bağlı olarak bina önem katsayısının değişimi ile kaba inşaat maliyetindeki değişim; dördüncü derece deprem bölgesi ve Z1 zemin sınıfında %0,94 iken birinci derece deprem bölgesinde ve Z4 zemin sınıfında %33,72 olmuştur. 15 katlı binanın, bina önem katsayısı ve zemin sınıfına bağlı olarak deprem bölgesinin değişimi ile kaba inşaat maliyetine etkisi; I=1,0 ve Z1 zemin sınıfında %2,21 değişim gösterirken, I=1,5 ve Z4 zemin sınıfında %67,3

değişim göstermiştir. 15 katlı binanın, deprem bölgesi ve bina önem katsayısına bağlı olarak zemin sınıfının kaba inşaat maliyetine etkisi; dördüncü derece deprem bölgesi ve bina önem katsayısının 1,0 olduğu durumda %1,3 iken, birinci derece deprem bölgesi ve bina önem katsayısının 1,5 olduğu durumda söz konusu oran %61,16 olmuştur.

Elde edilen veriler ışığında 7 katlı binanın kaba inşaat maliyetinin; en iyi koşul (4.derece deprem bölgesi, Z1 ve I=1,0 ) ile en olumsuz koşul (1.derece deprem bölgesi, Z4 ve I=1,5) arasında %25,74 oranında değişim görülmüştür. Söz konusu oran, 15 katlı binada %70,28 olmuştur.

Yapılan bütün analizle neticesinde elde edilen metrajlar, Bayındırlık ve İskan Bakanlığınca hazırlanan 2010 birim fiyat ile çarpılarak maliyet hesaplanmış ve Microsoft Excel'in bir eklentisi olan NeuroSolutions yazılımı ile programlanmıştır. Programlanan bu veriler %98 doğruluk oranı ile sonuçlanmış ve veri tabanı oluşturulmuştur.

## KAYNAKLAR

- [1] KANIT, R., GÜNDÜZ, M., ÖZKAN, Ö., Cost effect of earthquake region and soil type for office buildings in Turkey Building and Env., Cilt: 42 (10), 3616-3620, 2007
- [2] POLAT, A.P., ÇIRACI, M., Türkiye tasarım öncesi maliyet tahmini için veritabanı modeli, İTÜ Dergisi/A, 2005
- [3] CELEP, Z., KUMBASAR, N., Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı, İTÜ, İstanbul, 2000
- [4] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007), T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007
- [5] MURATOĞLU, Ö., ÖZKAN Ö., Zemin sınıfları ve deprem bölgelerinin bina yatay yüklerine etkisi, II. Kocaeli Deprem Sempozyumu, Kocaeli, Mart, 2005
- [6] AYDINALEV, F., Çok katlı yapıların yeni deprem yönetmeliği (TDY'98)'ne göre analiz ve yapı düzensizliklerinin irdelenmesi, Yüksek lisans tezi, Ç.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000
- [7] ÖZDEMİR, M., yapıların deprem hesabında A2 düzensizlik durumunun incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Adana, 2005
- [8] KOÇAK, A., Deprem ve yapısal tasarım, Mimarlık Dergisi, Mimarlar Odası, Trakya 1. Büyükkent Bölge Temsilciliği, Sayı 25, sayfa 35-37, İstanbul
- [9] ALTUNTAŞ, E., ÇELİK, T., Yapay zeka'nın tarihçesi, Otak yayıncılık, İstanbul 18-54, 1998
- [10] UĞUR, A., KINACI, A., Yapay zeka teknikleri ve yapay sinir ağları kullanılarak web sayfalarının sınıflandırılması, İnet-tr 2006, XI. Türkiye'de İnternet Konferansı, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Ankara, 21-23 Aralık, 2006

- [11] YURTOĞLU, E., Yapay sinir ağları metodolojisi ile öngörü modellemesi: bazı makroekonomik değişkenler için Türkiye örneği, Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı, Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara, 3-43, 2005
- [12] ÇAKIR, F., ERTUNÇ, H., OCAK, H., Yapay sinir ağları kullanılarak karbonat kayalarındaki dokunun tanımlanmasına bir örnek: Akveren formasyonu, Uygulamalı Yerbilimleri, Sayı:2 (Ekim-Kasım), 71-79, 2009
- [13] ÖZSEN, E., YAMANTÜRK, E., Taşıyıcı sistem tasarımı, Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1991
- [14] İde Yapı Bilgisayar Destekli Tasarım Mühendislik Danışmanlık Taah. Ltd Şti Kitabı, Temmuz 2010 (Ver 6.2004)
- [15] TEKELİ, H., Deprem bölgesi ve yerel zemin sınıflarının bina maliyetine etkileri, Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2003
- [16] YILDIZ, Ö., Döviz kuru tahmininde yapay sinir ağlarının kullanımı, Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 2006
- [17] OHSAKI, Y., Deprem dalgasının spektral analizine giriş, Çeviri, Muzaffer İPEK
- [18] ATIMTAY, E., Çerçevesiz ve perdeli betonarme sistemlerin tasarımı temel kavramlar ve hesap yöntemi, ODTÜ, İnşaat Müh.
- [19] Bayındırlık Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları, 2010

## **ÖZGEÇMİŞ**

Ümit GÜLÇİÇEK, 01.08.1984 yılında Siirt'te doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2004 yılında Küçükköy EML'den mezun oldu. 2005 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü'nü 2009'da bitirdi. 2009 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Ana bilim Dalında yüksek lisansa başladı.