

T.C.

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

19. YÜZYIL İSTANBUL GELENEKSEL AHŞAP KARKAS YAPILARINDA  
DEPREM ETKİSİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE  
DEĞERLENDİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Hülya DIŞKAYA

İnş. Müh. (YÜ) Restoratör (MSÜ) Y. Mimar (MSÜ)

Mimarlık Anabilim Dalı

Restorasyon - Yenileme Koruma Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Oğuz CEYLAN

İSTANBUL – ŞUBAT 2011

*Sevgili Babam ve Annem için*

Hülya DIŞKAYA tarafından hazırlanan "19. YÜZYIL İSTANBUL GELENEKSEL AHŞAP KARKAS YAPILARINDA DEPREM ETKİSİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ" adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylım.



Prof. Dr. Oğuz CEYLAN

Tez Danışmanı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Mimarlık Anabilim Dalı, Restorasyon - Koruma Yenileme Programı'nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Oğuz CEYLAN



Üye : Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY



Üye : Doç. Dr. Nadide SEÇKİN



Üye : Doç. Dr. Yasin FAHJAN



Üye : Yrd. Doç. Dr. Tülay ÇOBANCAOĞLU



Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

## İÇİNDEKİLER

ÇİZELGE LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
RESİM LİSTESİ.....	xiv
SEMBOL LİSTESİ.....	xvii
KISALTMALAR LİSTESİ .....	xix
ÖZET.....	xx
SUMMARY .....	xxii
ÖNSÖZ.....	xxiv
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Amacı .....	1
1.2. Çalışmanın Kapsamı .....	1
1.3. Çalışmanın Yöntemi .....	2
<b>2. İSTANBUL'DA 19. YÜZYIL GELENEKSEL AHŞAP KARKAS YAPILARINI OLUŞTURAN KOŞULLAR.....</b>	<b>4</b>
2.1. Coğrafya, İklim, Bitki Örtüsü .....	4
2.2. Nüfus Ve Yerleşim.....	9
2.3. Kentsel Ve Yapısal Biçimlenmede Deprem Ve Yangınların Etkisi.....	10
2.3.1. İstanbul'un Depremsel Yapısı.....	13
2.3.1.1. Tarih Boyunca İstanbul Depremleri.....	15
2.3.2. Tarih Boyunca İstanbul Yangınları .....	18
2.4. Yangın ve Depremlere Bağlı Olarak Oluşturulan İmar Düzenlemeleri İle Ortaya Çıkan Ahşap Yapı Karakteri.....	22
2.4.1. Mimari Özellikler .....	26
2.4.1.1. Plân Özellikleri .....	26
2.4.1.2. Cephe Özellikleri.....	29
2.4.2. Taşıyıcı Sistem Özellikleri.....	33
2.4.2.1. Dış Kaplama Özellikleri .....	37
2.4.3. Malzeme Özellikleri.....	38
2.4.3.1. Yapısal Ağaç Türleri .....	39
2.4.3.2. Yapısal Ahşap Boyutları .....	40
2.5. Ahşap Karkas Yapıların Tarihi Doku İçerisindeki Yerleşim Biçimleri .....	42
2.5.1. Bağımsız Ev .....	42
2.5.2. Sıra Ev .....	42
2.5.2.1. Yangın Duvarlı Sıra Ev.....	43
2.5.2.2. Yangın Duvarlı Köşe Yerleşim.....	43
2.6. Bölüm Sonucu.....	45
<b>3. GELENEKSEL AHŞAP YAPILARDA DEPREM ETKİSİ .....</b>	<b>46</b>
3.1. Deprem'in Yapılar Ve İnsan Yaşamı Üzerindeki Etkisi.....	46
3.2. Depremler Ve Oluşum Nedenleri .....	48
3.3. Deprem Türleri .....	51
3.4. Deprem Parametreleri .....	52
3.5. Deprem'in Yapısal Etkileri .....	58
3.6. Ahşap Yapıların Depreme Karşı Dayanıklılığını Azaltan Etkenler .....	63
3.7. Türkiye'de Fay Hatları Ormanlar Ve Ahşap Yapı Yerleşimi İlişkisi .....	64
3.8. Bölüm Sonucu.....	66

<b>4. GELENEKSEL AHŞAP YAPILARDA KULLANILAN AĞAÇLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE TEKNİK DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ .....</b>	<b>67</b>
4.1. Ağacın Yapısı.....	67
4.2. Ağaç Türlerinin Sınıflandırılması.....	68
4.2.1. Açık tohumlu bitkiler (Gymnospermae): İğne yapraklı ağaçlar .....	69
4.2.1.1. İğne yapraklı ağaçların karakteristik özellikleri.....	70
4.2.2. Kapalı tohumlu bitkiler (Angiospermae): Yapraklı ağaçlar .....	70
4.2.2.1. Yapraklı Ağaçların Karakteristik Özellikleri.....	71
4.3. Ağacın Kimyasal Yapısı.....	71
4.4. Ağacın Biyolojik Yapısı.....	72
4.5. Ahşap Malzeme Özellikleri .....	72
4.5.1. Fiziksel Özellikler .....	72
4.5.1.1. Renk.....	72
4.5.1.2. Koku ve Tad .....	73
4.5.1.3. Dış Görünüş .....	73
4.5.1.4. Sertlik.....	73
4.5.1.5. Özgül Ağırlık.....	73
4.5.2. Mekanik Özellikler.....	73
4.5.2.1. Mekanik Özelliklerin Diğer Yapı Malzemeleriyle Karşılaştırılması..	76
4.6. Ahşap Malzeme ve Nem İlişkisi .....	79
4.7. Ahşabın Kurutulması .....	80
4.8. Ahşabın Mekanik Özelliklerini Azaltan Etkenler .....	83
4.8.1. Ahşabın Fiziksel Kusurları.....	84
4.8.2. Böcekler.....	90
4.8.3. Biyolojik olmayan etkenler.....	93
4.8.4. İnsan kaynaklı etkenler.....	93
4.9. Ahşabın Korunması.....	94
4.10. Ahşabın Kalitesine Göre Sınıflandırılması .....	94
4.11. Ahşabın Teknik Bakımdan Değerlendirme Kriterleri.....	96
4.12. Fiziksel-Mekanik Değer Belirleme Yöntemleri.....	97
4.12.1. Tahribatsız Yöntemler .....	97
4.12.1.1. Lokal (Bölgesel) Test Yöntemleri .....	98
4.12.1.2. Global (Genel) test yöntemleri.....	99
4.12.2. Tahribatlı Yöntemler .....	102
4.13. Rutubet Düzeltme Oranları Etkisi İle Mekanik Değer Değişimleri.....	114
4.14. 19. Yüzyıla Ait Ahşap Yapı Malzeme Örneklerinde Mekanik Test Değerleri .....	116
4.14.1. Statik Eğilmede Elastisite (Esneklik) Modülü Belirleme Deneyi .....	119
4.14.2. Liflere Paralel Basınç Direnci Belirleme Deneyi.....	122
4.14.3. Liflere Paralel Çekme Direnci Belirleme Deneyi .....	125
4.14.4. Eğilme Direnci Belirleme Deneyi.....	128
4.14.5. Dinamik Eğilme (Şok) Direnci Belirleme Deneyi.....	132
4.14.6. Statik Sertlik Direnci Belirleme Deneyi (Janka Yöntemi).....	133
4.14.7. Birim Hacim Ağırlığı (Yoğunluk) Belirleme Ölçümleri .....	137
4.15. Bölüm Sonucu.....	140
<b>5. GELENEKSEL AHŞAP YAPILARDAKİ DEPREM ETKİSİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ .....</b>	<b>142</b>
5.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi.....	142
5.1.1. SAP2000 Programı ile Yapısal Analiz.....	143
5.2. Örnek Bir Yapının Farklı Analiz Kriterleri İle Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Statik ve Dinamik Analizi.....	144
5.2.1 Yapının tanımı ve tarihçesi.....	144
5.2.2. Mimari Özellikleri.....	147
5.2.2.1. Plân Özellikleri .....	147

5.2.1.2. Cephe Özellikleri.....	149
5.2.3. Strüktürel Özellikleri.....	150
5.3. Deprem Modellemesinde Sonlu Elemanlar Yöntemi İçin Analiz Kriterleri...	152
5.3.1 Strüktür ve Malzeme Açısından Yeni Bir Yapının Analizi.....	153
Modellemede kullanılan elastisite (esneklik) modülü değerleri: .....	154
5.3.2. Strüktürel Açından Bozulmuş Bir Yapının Analizi .....	165
5.3.2.1. Malzemelerdeki Bozulma Etkisinin Analizi .....	165
5.3.2.2. Düğüm Noktalarındaki Bozulma Etkisinin Analizi .....	167
5.4. Modelleme Kıyaslamaları ve Kesit Tahkikleri.....	169
5.4.1. Yapıdaki Görelî Kat Ötelemeleri .....	169
5.4.2. Kesit Tahkikleri.....	173
5.4.2.1. Strüktür ve Malzeme Açısından Yeni Bir Yapının Kesit Tahkikleri .....	173
5.4.2.2. Strüktürel Açından Bozulmuş Bir Yapının Analizi .....	175
5.4.2.3. Düğüm Noktaları Çürük Yapının Kesit Tahkikleri.....	177
5.5. Bölüm Sonucu.....	179
<b>6. SONUÇ.....</b>	<b>181</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>181</b>
<b>EK A. Taşıyıcı Sistemde Çürüme Ve Böceklenmelere Bağlı Bozulmalar .....</b>	<b>197</b>
<b>Ek B. Ahşap Taşıyıcı Elemanlarda Böceklenme Örnekleri.....</b>	<b>204</b>
<b>Ek C. Icomos Ahşap Tarihi Yapıların Korunması İçin İlkeler 1999 .....</b>	<b>206</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>210</b>

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 İstanbul ili ağaç türleri ve kapladığı alanlar .....	8
Çizelge 2.2 İstanbul' da tarihi deprem hasarları .....	16
Çizelge 2.3 Sedad Hakkı Eldem'e göre plân tipleri.....	27
Çizelge 2.4 Zaman ve yöre faktörüne bağlı olarak Türk Evi dağılım şeması .....	27
Çizelge 2.5 Çeşitli konut örneklerinde plân tipleri.....	28
Çizelge 2.6 Yapılarda kullanılan ahşaplara ait boyut çizelgesi .....	41
Çizelge 3.1 1990 – 2009 yılları arasında gerçekleşen en büyük ve en çok can kaybına neden olan depremler.....	47
Çizelge 3.2 Deprem şiddet değerleri karşılaştırma çizelgesi .....	54
Çizelge 3.3 Medyedev-Sponheur-Karnik'e göre deprem şiddet sınıflandırması.....	55
Çizelge 3.4 Depremlerin büyüklük değerlerine göre karşılaştırılması .....	58
Çizelge 4.1 İğne yapraklı ve yapraklı ağaçların kimyasal yapı bileşen oranları .....	71
Çizelge 4.2 Ahşabın mekanik ve fiziksel özellikleri.....	75
Çizelge 4.3 Ağaç Malzemenin Önemli Mekanik Özellikleri .....	76
Çizelge 4.4 Ahşap ve diğer malzemeler arasındaki elastisite modülü farklılıkları ...	78
Çizelge 4.5 Ahşap şartnamesine göre nemlilik oranları.....	79
Çizelge 4.6 Türkiye'de ağaç ve ahşap malzemeyi tahrip eden böcekler.....	92
Çizelge 4.7 Ahşabın Sınıflandırılma Çizelgesi.....	95
Çizelge 4.8 Deneylerde kullanılan malzemeler, yapıdaki kullanım yerleri ve kullanım süreleri.....	119
Çizelge 4.9 110-130 yıl yapı kullanım ömrü bulunan ahşaplara ait liflere paralel elastisite (esneklik) modülü değerleri .....	120
Çizelge 4.10 Bazı ağaç türlerinde elastisite modülü. ....	120
Çizelge 4.11 Eski ve yeni çam malzeme örneklerinin elastisite modülü kıyaslamaları .....	121
Çizelge 4.12 Eski ve yeni göknar malzeme örneklerinin elastisite modülü kıyaslamaları .....	121
Çizelge 4.13 Eski ve yeni lâdin malzeme örneklerinin elastisite modülü kıyaslamaları .....	121
Çizelge 4.14 Eski ve yeni kayın malzeme örneklerinin elastisite modülü kıyaslamaları .....	122
Çizelge 4.15 Eski ve yeni meşe malzeme örneklerinin elastisite modülü kıyaslamaları .....	122
Çizelge 4.16 110-130 yıl yapı kullanım ömrü bulunan ahşaplara ait liflere paralel basınç direnci değerleri.....	123

Çizelge 4.17 Bazı ağaçların basınç dirençleri .....	124
Çizelge 4.18 Eski ve yeni çam malzeme örneklerinin basınç direnci kıyaslamaları.....	124
Çizelge 4.19 Eski ve yeni göknar malzeme örneklerinin basınç direnci kıyaslamaları.....	124
Çizelge 4.20 Eski ve yeni lâdin malzeme örneklerinin basınç direnci kıyaslamaları.....	125
Çizelge 4.21 Eski ve yeni kayın malzeme örneklerinin basınç direnci kıyaslamaları.....	125
Çizelge 4.22 Eski ve yeni meşe malzeme örneklerinin basınç direnci kıyaslamaları.....	125
Çizelge 4.23 110-130 yıl yapı kullanım ömrü bulunan ahşaplara ait liflere paralel çekme direnci değerleri.....	126
Çizelge 4.24 Bazı iğne yapraklı ve yapraklı ağaçların çekme direnci değerleri.....	127
Çizelge 4.25 Eski ve yeni çam malzeme örneklerinin çekme direnci kıyaslamaları.....	127
Çizelge 4.26 Eski ve yeni göknar malzeme örneklerinin çekme direnci kıyaslamaları.....	127
Çizelge 4.27 Eski ve yeni lâdin malzeme örneklerinin çekme direnci kıyaslamaları.....	128
Çizelge 4.28 Eski ve yeni kayın malzeme örneklerinin çekme direnci kıyaslamaları.....	128
Çizelge 4.29 Eski ve yeni meşe malzeme örneklerinin çekme direnci kıyaslamaları.....	128
Çizelge 4.30 110-130 yıl yapı kullanım ömrü bulunan ahşaplara ait eğilme direnci değerleri.....	129
Çizelge 4.31 Bazı Ağaçların Eğilme Dirençleri .....	130
Çizelge 4.32 Eski ve yeni çam malzeme örneklerinin eğilme gerilmesi kıyaslamaları .....	130
Çizelge 4.33 Eski ve yeni göknar malzeme örneklerinin eğilme gerilmesi kıyaslamaları .....	130
Çizelge 4.34 Eski ve yeni lâdin malzeme örneklerinin eğilme gerilmesi kıyaslamaları .....	131
Çizelge 4.35 Eski ve yeni kayın malzeme örneklerinin eğilme gerilmesi kıyaslamaları .....	131
Çizelge 4.36 Eski ve yeni meşe malzeme örneklerinin eğilme gerilmesi kıyaslamaları .....	131



Çizelge 4.37 110-130 yıl yapı kullanım ömrü bulunan ahşaplara ait dinamik eğilme (şok direnci) değerleri.....	133
Çizelge 4.38 110-130 yıl yapı ömrü bulunan ahşap yapı malzemelerine ait yüzeysel sertlik değerleri.....	134
Çizelge 4.39 Bazı Ağaçların yüzeysel sertlik değerleri. ....	135
Çizelge 4.40 Eski ve yeni çam malzeme örneklerinin Janka sertlik direnci kıyaslamaları.....	135
Çizelge 4.41 Eski ve yeni göknar malzeme örneklerinin Janka sertlik direnci kıyaslamaları.....	135
Çizelge 4.42 Eski ve yeni lâdin malzeme örneklerinin Janka sertlik direnci kıyaslamaları.....	136
Çizelge 4.43 Eski ve yeni kayın malzeme örneklerinin Janka sertlik direnci kıyaslamaları.....	136
Çizelge 4.44 Eski ve yeni meşe malzeme örneklerinin Janka sertlik direnci kıyaslamaları.....	136
Çizelge 4.45 110-130 yıl yapı ömrü bulunan ahşap yapı malzemelerine ait yoğunluk değerleri.....	138
Çizelge 4.46 Bazı ağaçların hava kurusu yoğunluk değerleri. ....	138
Çizelge 4.47 Eski ve yeni çam malzeme örneklerinin yoğunluk değeri kıyaslamaları.....	139
Çizelge 4.48 Eski ve yeni göknar malzeme örneklerinin yoğunluk değeri kıyaslamaları.....	139
Çizelge 4.49 Eski ve yeni lâdin malzeme örneklerinin yoğunluk değeri kıyaslamaları.....	139
Çizelge 4.50 Eski ve yeni kayın malzeme örneklerinin yoğunluk değeri kıyaslamaları.....	140
Çizelge 4.51 Eski ve yeni meşe malzeme örneklerinin yoğunluk değeri kıyaslamaları.....	140
Çizelge 5.1 Modellemede kullanılan ağaçlar, boyutları ve kullanıldıkları yerler.....	154
Çizelge 5.2 Büyük boyutlu ağaç cinsleri için yerinde yapılmış değerlendirme sonuçlarına göre, %12 rutubet değeri için sınıflandırma, ortalama elastisite modülü ve emniyet gerilme değerleri.....	155
Çizelge 5.3 Yapıya etkiyen yükler .....	155
Çizelge 5.4 Süleymaniye Ayrancı Sokak bölge ve zemin verileri.....	156
Çizelge 5.5 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi, deprem ve istasyon detaylar .....	157
Çizelge 5.6 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi en fazla yer ivmesi, yer hızı ve yer deplasmanı değerleri .....	157

Çizelge 5.7 12 Kasım 1999 Düzce Depremi, deprem ve istasyon detayları.....	159
Çizelge 5.8 12 Kasım 1999 Düzce Depremi en fazla yer ivmesi, yer hızı ve yer deplasmanı değerleri .....	159
Çizelge 5.9 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi x yönünde görelî kat ötelemesi.....	169
Çizelge 5.10 Modellenmiş sağlam, eski ve düğüm noktaları zayıf yapıların 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depreminde x yönünde yapmış oldukları görelî kat ötelemeleri .....	170
Çizelge 5.11 12 Kasım 1999 Düzce Depremi x yönünde görelî kat ötelemesi .....	170
Çizelge 5.12 Modellenmiş sağlam, eski ve düğüm noktaları zayıf yapıların 12 Kasım 1999 Düzce Depreminde x yönünde yapmış oldukları görelî kat ötelemeleri .....	171
Çizelge 5.13 Sağlam yapı için 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremlerinde ölü + hareketli yük + x ve y yönlerinde deprem etkisi ile dikmelerde oluşan kesit kuvvetlerinin taşıma kapasitesi tahkiki .....	174
Çizelge 5. 14 Sağlam yapı için 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremlerinde ölü + hareketli yük + x ve y yönlerinde deprem etkisi ile payandalarda oluşan kesit kuvvetlerinin taşıma kapasitesi tahkiki .....	174
Çizelge 5.15 Malzemeleri bozulmuş bulunan eski yapı için 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremlerinde ölü + hareketli yük + x ve y yönlerinde deprem etkisi ile dikmelerde oluşan kesit kuvvetlerinin taşıma kapasitesi tahkiki.....	176
Çizelge 5.16 Eski yapı için 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremlerinde ölü + hareketli yük + x ve y yönlerinde deprem etkisi ile payandalarda oluşan kesit kuvvetlerinin taşıma kapasitesi tahkiki .....	176
Çizelge 5.17 Düğüm noktaları çürümüş yapı için 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremlerinde ölü + hareketli yük + x ve y yönlerinde deprem etkisi ile dikmelerde oluşan kesit kuvvetlerinin taşıma kapasitesi tahkiki.....	178
Çizelge 5.18 Düğüm noktaları çürümüş yapı için 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremlerinde ölü + hareketli yük + x ve y yönlerinde deprem etkisi ile payandalarda oluşan kesit kuvvetlerinin taşıma kapasitesi tahkiki.....	178
Çizelge 6.1 Sağlam, eski ve düğüm noktaları çürümüş yapılarda kesit taşıma gücü yetersiz yapı elemanları oranları .....	187

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Marmara Bölgesi coğrafi haritası .....	4
Şekil 2.2 Türkiye ve çevresinde yıllık ortalama yağış haritası.....	5
Şekil 2.3 1876 Sabri Rıza İstanbul ve Boğaziçi haritası.....	6
Şekil 2.4 Türkiye ve çevresindeki bitki örtüsü dağılımı .....	7
Şekil 2.5 İstanbul ili orman varlığı nitelik ve ağaç türleri .....	8
Şekil 2.6 19. yüzyıl sonu İstanbul'u .....	9
Şekil 2.7 1875 Aksaray Horhor'da geleneksel kent dokusu.....	12
Şekil 2.8 1890 Aksaray Horhor'da yangınlardan sonraki düzenlemelere göre oluşturulan yeni kent dokusu .....	12
Şekil 2.9 Yeryüzünün tektonik haritası .....	13
Şekil 2.10 Kuzey Anadolu Fay Hattını gösteren harita .....	14
Şekil 2.11 Marmara Denizinden geçen Kuzey Anadolu Fay Hattı kolları .....	14
Şekil 2.12 Marmara ve Ege Denize uzanan Kuzey Anadolu Fay Hattı kolları .....	14
Şekil 2.13 M.S. 32-1983 yılları arasında Marmara Bölgesi depremleri .....	15
Şekil 2.14 İstanbul'u etkilemiş olan tahripkâr depremlerin yıllara göre dağılımı .....	17
Şekil 2.15 22 Ağustos 1782 Cibali Yangını yayılma alanı.....	19
Şekil 2.16 1865 İstanbul (Hocapaşa) Yangını yayılma alanı.....	20
Şekil 2.17 Sultanselim Çırağı Hamza Mahallesi Yangını 13 Haziran 1918 .....	21
Şekil 2.18 Ebniye Nizamnameleri ile belirlenen yapı yükseklikleri .....	24
Şekil 2.19 Ebniye Nizamnamelerinde malzemelerine göre yapı yükseklikleri .....	24
Şekil 2.20 Tarik ve Ebniye Nizamnamelerine göre bırakılması gerekli yol genişlikleri .....	25
Şekil 2.21 1864 Tarik ve Ebniye Nizamnamesine göre izin verilen çıkma ölçüleri ..	26
Şekil 2.22 Kasımpaşa'da Neo Klâsik Ampir Üsluplar etkisinde ev .....	29
Şekil 2.23 Serencebey'de Ampir, Neo Klasik, Barok Üslupların etkisinde Eklektisist bir konut .....	30
Şekil 2.24 Serencebey' de Ampir, Neo Klasik, Barok Üslupların etkisinde Eklektisist bir konut .....	30
Şekil 2.25 Bağlarbaşı Selamsız'da Ampir üslubunda konut.....	30
Şekil 2.26 Ostrorog Yalısı Kandilli.....	31
Şekil 2.27 Temel ve ahşap karkas birleşim detayı.....	33
Şekil 2.28 İki yönde tek tabanlı ahşap karkas sistem .....	33
Şekil 2.29 Bir yönde tek bir yönde çift tabanlı karkas sistem .....	34
Şekil 2.30 İki yönde çift tabanlı ahşap karkas sistem.....	34

Şekil 2.31 Çift tabanlı ahşap karkas strüktürde çıkma detayı .....	35
Şekil 2.32 Çift tabanlı ahşap karkas strüktürde köşe çıkma detayı .....	35
Şekil 2.33 İstanbul çıkması .....	35
Şekil 2.34 Oturtma çatı kurgusu.....	36
Şekil 2.35 Çürüksulu yalısı saçak detayı .....	36
Şekil 2.36 Çatı saçak ve furuş detayı .....	36
Şekil 2.37 Bağdâdî Çıtalı Duvar .....	37
Şekil 2.38 Ahşap kaplamalı boşluklu duvar detayı .....	37
Şekil 2.39 Geçmeli ahşap kaplama .....	38
Şekil 2.40 Binili ahşap kaplama .....	38
Şekil 2.41 Yangın duvarlı sıra ev .....	43
Şekil 2.42 Yangın duvarlı köşe yerleşim.....	43
Şekil 2.43 Süleymaniye Ayrancı Sokak'ta yangın duvarlı ve yangın duvarsız sıra evler .....	44
Şekil 2.44 Pervititch sigorta haritalarında Süleymaniye bölgesi kent dokusu.....	44
Şekil 3.1 Türkiye Deprem Bölge Haritası.....	46
Şekil 3.2 Deprem kaynağında oluşan ve yer içinden ilerleyen cisim dalgaları .....	48
Şekil 3.3 Yer içinde ilerleyen P ve S cisim dalgalarının hareket şekilleri.....	49
Şekil 3.4 Yer içindeki katmanlar .....	49
Şekil 3.5 Yer kabuğu hareketinin şematik anlatımı .....	50
Şekil 3.6 Fay türleri .....	51
Şekil 3.7 Deprem parametrelerinin şematik gösterimi .....	53
Şekil 3.8 Eşşiddet eğrileri.....	53
Şekil 3.9 Richter metodunda magnitüd ölçümü için P ve S dalgaları arasındaki zaman farkı ve kaydedilmiş en büyük amplitüd (genlik) değerlerinin bulunduğu bir ölçekli nomogram (çizelge). .....	57
Şekil 3.10 Yapı üzerinde etkiyen sismik kuvvetler .....	60
Şekil 3.11 Deprem zemin hareketlerinin yapı üzerindeki etkisi .....	61
Şekil 3.12 Ahşap karkas yapıya etkiyen yükler ve çoklu yük iletim sistemi.....	63
Şekil 3.13 Türkiye'yi etkileyen karasal plakalar ve fay hatları .....	64
Şekil 3.14 Türkiye Orman Varlığı Haritası .....	65
Şekil 3.15 Malzeme ve yapım teknikleri açısından bölgesel farklılıklar .....	65
Şekil 3.16 Türkiye'de geleneksel konut dağılımı haritası .....	66
Şekil 4.1 Ağacın ana kısımları.....	67
Şekil 4.2 Ağaç gövdesinin kesiti.....	68
Şekil 4.3 a) İğne yapraklı ağaç b) Yapraklı ağaç .....	69
Şekil 4.4 a) İğne yapraklı ağaç hücreleri b) Yapraklı ağaç hücreleri .....	70

Şekil 4.5 Ahşapta enine, boyuna radyal ve boyuna teğet kesitler ve yönler.....	74
Şekil 4.6 Yıllık büyüme halkaları ve yük doğrultusu ilişkisi:	
90 <sup>0</sup> radyal yön, 45 <sup>0</sup> , 0 <sup>0</sup> teğet yön .....	74
Şekil 4.7 Eksenel basınç ve eksenel çekme durumları.....	77
Şekil 4.8 Farklı malzemelerde deformasyon durumları.....	77
Şekil 4.9 Çeşitli malzemelerin gerilme-birim deformasyon eğrileri.....	78
Şekil 4.10 Ağacın rutubet ve mukavemet ve/veya rijitlik oranları arasındaki ilişki ...	80
Şekil 4.11 Ahşabın özgül ağırlık-rutubet ve mukavemet ilişkisi.....	80
Şekil 4.12 Ahşapta rutubet direnç ilişkisi .....	80
Şekil 4.13 Ahşapta kurutmaya bağlı çekme ve şekil değiştirme durumu .....	81
Şekil 4.14 Ahşapta kurutmaya bağlı şekil değişiklikleri .....	82
Resim 4.3 Ağaçta Kıvrık Lif .....	84
Şekil 4.15 Meşe sağa spiral lif.....	84
Şekil 4.16 Ağacın yıllık halkaları .....	86
Şekil 4.17 Donma çatlağı .....	86
Şekil 4.18 Reaksiyon odunu.....	87
Şekil 4.19 Mobilya böceğinin (Anobium Punctatum) yaşam döngüsü şeması. ....	91
Şekil 4.20 Rezistograf çalışma şeması .....	99
Resim 4.22 Rezistograf ölçüm grafiği.....	99
Şekil 4.21 Ses dalgaları iletimi ile dinamik elastisite modülü ölçüm teknikleri.....	101
Şekil 4.22 Statik elastisite modülü deneyinde	
yükün mesnet ortasında etkimesi durumu.....	104
Şekil 4.23 Liflere paralel ve dik yönlerde basınç gerilmesi etkisi a) Liflere paralel	
yönde basınç etkisi; b) Liflere dik yönde basınç etkisi .....	105
Şekil 4.24 Liflere paralel ve dik yönlerde çekme gerilmesi etkisi a) Liflere paralel	
yönde çekme gerilmesi; b) Liflere dik yönde çekme gerilmesi.....	106
Şekil 4.25 Kiriş üzerinde tekil, iki noktadan ve	
düzgün yayılı yük etkisi diyagramları .....	107
Şekil 4.26 Kusursuz örnek üzerine tekil yük etkisi.....	108
Şekil 4.27 Gerçek boyutta yapı kirişi	
statik eğilme dayanımı ölçümü deney kurgusu .....	108
Şekil 4.28 Makaslama direnci ölçüm düzeneği.....	110
Şekil 4.29 Ahşapta yarıma deneyi düzeneği.....	110
Şekil 4.30 Dinamik çarpma deney düzeneği .....	112
Şekil 4.31 Ahşapta sertlik deneyi düzenekleri, a)Janka sertlik deneyi b) Brinell sertlik	
deneyi.....	113

Şekil 5.1 Demirtaş Mahallesi Ayrancı Sokak'ın Tarihi Yarımada'daki konumu.....	144
Şekil 5.2 Alman Mavileri Haritalarında 1913-1914	
Demirtaş Mahallesi Ayrancı Sokak .....	146
Şekil 5.3 Goad Haritalarında 1904 Demirtaş Mahallesi Ayrancı Sokak .....	146
Şekil 5.4 Goad ve Alman Mavi Haritalarının karşılaştırılmalarına göre yapı adasının konumu .....	146
Şekil 5.5 İ.B.B. Halihazır Paftaları ile Goad ve Alman Mavileri Haritalarının karşılaştırılmalarına göre yapı adasının konumu.....	146
Şekil 5.6 Bodrum kat restitüsyon plânı .....	147
Şekil 5.7 Zemin kat restitüsyon plânı.....	147
Şekil 5.8 1. kat restitüsyon plânı .....	148
Şekil 5.9 2. kat restitüsyon plânı .....	148
Şekil 5.10 A-A kesiti restitüsyon .....	149
Şekil 5.11 B-B kesiti restitüsyon.....	149
Şekil 5.12 Ön görünüş restitüsyon .....	149
Şekil 5.13 Arka görünüş restitüsyon.....	149
Şekil 5.14 -2.41 kotu taşıyıcı sistem restitüsyon plânı .....	150
Şekil 5.15 +0.12 kotu taşıyıcı sistem restitüsyon plânı .....	150
Şekil 5.16 1. Kat (+3.31 kotu) taşıyıcı sistem restitüsyon plânı.....	151
Şekil 5.17 2. Kat (+6.64 kotu) taşıyıcı sistem restitüsyon plânı.....	151
Şekil 5.18 2. Kat tavanı taşıyıcı sistem restitüsyon plânı .....	151
Şekil 5.19 Çatı katı taşıyıcı sistem restitüsyon plânı.....	151
Şekil 5.20 A-A kesiti restitüsyon.....	152
Şekil 5.21 B-B kesiti restitüsyon.....	152
Şekil 5.22 Tarihi Yarımada'nın yerel zemin koşullarının büyütme özellikleri.....	156
Şekil 5.23 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi YPT 060.AT2 sinyal ölçümlerine göre SeismoSignal programı ile elde edilen ivme-zaman grafiği .....	158
Şekil 5.24 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi YPT330.AT2 sinyal ölçümlerine göre SeismoSignal programı ile elde edilen ivme-zaman grafiği .....	158
Şekil 5.25 Kasım 1999 Düzce Depremi DZC180.AT2 sinyal ölçümlerine göre SeismoSignal programı ile elde edilen ivme-zaman grafiği .....	159
Şekil 5.26 Kasım 1999 Düzce Depremi DZC180.AT2 sinyal ölçümlerine göre SeismoSignal programı ile elde edilen ivme-zaman grafiği .....	159
Şekil 5.27 xy düzlemi, z=+3.2 kotu plânı .....	160
Şekil 5.28 xy düzlemi, z=+6.6 kotu plânı .....	160
Şekil 5.29 xy düzlemi, z=+9.6 kotu plânı .....	160

Şekil 5.30 xz düzlemi, $y=0$ , 1 aksı .....	161
Şekil 5.31 xz düzlemi, $y=3.6$ , 2 aksı .....	161
Şekil 5.32 xz düzlemi, $y=6.6$ , 3 aksı .....	161
Şekil 5.33 xz düzlemi, $y=9.6$ , 4 aksı .....	161
Şekil 5.34 yz düzlemi, $x=0$ , A aksı.....	162
Şekil 5.35 yz düzlemi, $x=1.2$ , B1 aksı.....	162
Şekil 5.36. yz düzlemi, $x=1.5$ , B2 aksı .....	162
Şekil 5.37 yz düzlemi, $x=4.5$ , C aksı.....	162
Şekil 5.38 Strüktür ve malzeme açısından yeni bir yapının modellenmesi.....	163
Şekil 5.39 Göreli kat deplasmanı (öteleme) katsayıları.....	164
Şekil 5.40 Kocaeli Depremi x yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını gösteren grafik.....	164
Şekil 5.41 Kocaeli Depremi y yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını gösteren grafik.....	164
Şekil 5.42 Düzce Depremi x yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını gösteren grafik.....	165
Şekil 5.43 Düzce Depremi y yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını gösteren grafik.....	165
Şekil 5.44 Kocaeli Depremi x yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında bir bina için gösteren grafik.....	166
Şekil 5.45 Kocaeli Depremi y yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında bir bina için gösteren grafik.....	166
Şekil 5.46 Düzce Depremi x yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında bir bina için gösteren grafik.....	166
Şekil 5.47 Düzce Depremi y yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında bir bina için gösteren grafik.....	167
Şekil 5.48 xz düzlemi 1 aksı düğüm noktalarındaki kopmalar.....	167
Şekil 5.49 xz düzlemi 4 aksı düğüm noktalarındaki kopmalar.....	167
Şekil 5.50 yz düzlemi A aksı düğüm noktalarındaki kopmalar .....	168
Şekil 5.51 Kocaeli Depremi x yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında düğüm noktaları çürümüş bir bina için gösteren grafik .....	168
Şekil 5.52 Kocaeli Depremi y yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında düğüm noktaları çürümüş bir bina için gösteren grafik .....	168
Şekil 5.53 Düzce Depremi x yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında düğüm noktaları çürümüş bir bina için gösteren grafik .....	169
Şekil 5.54 Düzce Depremi y yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında düğüm noktaları çürümüş bir bina için gösteren grafik .....	169

Şekil 5.56 Yeni yapıda Düzce Depremi 2 aksı doğrultusunda oluşan deformasyon.....	171
Şekil 5.57 Yeni yapıda Düzce Depremi etkisi ile 2 aksı doğrultusunda oluşan etkisi ile 3 aksı doğrultusunda oluşan deformasyon .....	171
Şekil 5.58 Düzce Depreminin malzeme açısından bozulmuş yapıda 2 aksı doğrultusunda oluşturduğu deformasyon.....	172
Şekil 5.59 Düzce Depreminin malzeme açısından bozulmuş yapıda 3 aksı doğrultusunda oluşturduğu deformasyon.....	172
Şekil 5.60 Düzce Depreminin düğüm noktaları çürümüş yapıda 2 aksı doğrultusunda oluşturduğu deformasyon.....	172
Şekil 5.61 Düzce Depreminin düğüm noktaları çürümüş yapıda 3 aksı doğrultusunda oluşturduğu deformasyon .....	172



## RESİM LİSTESİ

Resim 2.1 Ostrorog Yalısı .....	31
Resim 2.2 Boğaz'da Eklektisist Üslupta Yalı .....	32
Resim 2.3 Boğaz Rumeli Yakasında Eklektisist Üslupta Yalılar .....	32
Resim 3.1 Sapanca'da TEM yolu üzerindeki fay çatlakları .....	51
Resim 3.2 Düzce'de 12 Kasım zarar görmüş hımsız sistem bir yapı.....	59
Resim 3.3 Düzce'de 12 Kasım depreminde depreminde yıkılmış betonarme bir yapı .....	59
Resim 4.1 Örneklerde rutubet ölçümü	
Şekil 4.12 Ahşapta rutubet direnç ilişkisi .....	80
Resim 4.2 Ağaçta kurutmaya bağlı V şeklinde radyal çatlak .....	82
Resim 4.3 Ağaçta Kıvrık Lif .....	84
Şekil 4.15 Meşe sağa spiral lif.....	84
Resim 4.4 İki gövdeli ağaç .....	85
85Resim 4.5 İki gövdeli ağaç kesiti .....	85
Resim 4.6 Ağaçta çok dallılık .....	85
Resim 4.7 Ahşap kesitinde budak görünümü .....	85
Şekil 4.16 Ağacın yıllık halkaları .....	86
Resim 4.8 Köknar ağacında halka çatlakları.....	86
Resim 4.9 Ağaçta kadran şeklinde çatlak.....	86
Resim 4.10 Ağaçta yıldız çatlak.....	86
Resim 4.11 Dik yamaçta kar birikimi nedeni ile Lâdin ağacında oluşan basınç odunu .....	87
Resim 4.12 Ağaçta oluklu gövde kesiti.....	87
Resim 4.13 Kayın ağacında iki yana doğru eğrilik.....	88
Resim 4.14 Karaağaçta urlu yapı .....	88
Resim 4.15 Köknar ağacında kahverengi çürük.....	90
Resim 4.16 Böceklenmiş ağaç görünüşü .....	93
Resim 4.17 Böceklenmiş ağaç kesiti .....	93
Resim 4. 18 Pressler burgusu.....	98
Resim 4.19 Karotin yöntemi ile ahşaptan örnek alınması.....	98
Resim 4. 20 Pilodin cihazı .....	98
Resim 4. 21 Pilodin cihazı ile ölçüm.....	98
Şekil 4.20 Rezistograf çal ışma şeması .....	99
Resim 4.22 Rezistograf ölçüm grafiği .....	99

Resim 4. 23 Ultrases ölçüm cihazı .....	101
Resim 4. 24 Ultrases cihazı ile enine doğrultuda ölçüm .....	101
Resim 4.25 Palazzo Vecchio çatı makasları .....	101
Resim 4.26 Makas sistemine ait radyografinin bilgisayar ekranındaki görüntüsü .	101
Resim 4.27 Gerçek boyutta kiriş ile yapılan statik eğilme dayanımı testi.....	108
Resim 4.28 Kirişin en zayıf noktasındaki kırılma durumu .....	108
Resim 4.29 Tahribatlı deneylerde kullanılan taşıyıcı elemanlara ait kesitler.....	117
Resim 4.30 Tahribatlı deneylerde kullanılan taşıyıcı elemanlara ait görünüşler.....	117
Resim 4.31 Meşe taşıyıcı elemana ait çürümüş kabuk (a) ve aynı ağacın iç kısımlarının (b) görünüşü .....	118
Resim 4.32 Gövdesinde çivi bulunan taşıyıcı eleman örneği.....	118
Resim 4.33 Üniwersal deney cihazında elastisite modülü belirleme deneyine ait bir görünüş .....	120
Resim 4.34 Basınç testi için boyutlandırılmışmeşe ağacından denekler.....	123
Resim 4.35 Üniwersal test cihazında basınç deneyi	
Resim 4.36 Çam ağacından deneklerin test sonrası durumlar .....	123
Resim 4.37 Meşe ağacından biçilmiş deneklerin çekme testinden önceki durumları.....	126
Resim 4.38 Çam ağacından biçilmiş deneklerin çekme testinden sonraki durumları .....	126
Resim 4.39 Üniwersal makine ile liflere paralel çekme direnci deney.....	126
Resim 4. 40 Üniwersal cihazda eğilme direnci deneyi .....	129
Resim 4.41 Dinamik eğilme(şok) direnci ölçüm cihazı.....	
Resim 4.42 Meşe örneklerin a) kırılmadan önceki ve b) kırıldıktan sonraki durumları( .....	132
Resim 4.43 a) Statik sertlik ölçümünde kullanılan meşe ağacından denekler.....	133
Resim 4.44 a) Sertlik deneyinin gerçekleştirildiği üniwersal test cihazı b) Ölçümlerin yapıldığı bilgisayar sistemi .....	134
Resim 4. 46 Yoğunluk belirlemede kullanılan denekler ve ölçüm sistemi .....	137
Resim 5.1 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi ve deprem kayıt istasyonu .....	157
Resim 5.2 12 Kasım 1999 Düzce Depremi ve deprem kayıt istasyonu.....	158
Resim A.1 Nem ve böceklenmeye bağlı olarak çürümüş bir kârgir duvar pencere hatılı .....	197
Resim A.2 Nem ve böceklenmeye bağlı olarak çürümüş bir taş duvar hatılı.....	197
Resim A.3 Toprak altında nem etkisi ile kahverengi çürük oluşan kiriş parçası .....	197
Resim A.4 Çatı kiriş ve aşıklarında nem ve çürümeye bağlı güç kaybı.....	198

Resim A.5 Çatı kiriş ve aşıklarında neme bağlı güç kaybı.....	198
Resim A.6 Çatı kiriş ve aşıklarında rutubete bağlı kahverengi çürük ve taşıyıcı sistemde güç kaybı .....	198
Resim A.7 Kârgir temele oturan taban kirişi ve dikmelerde çürümeye bağlı kopmalar .....	199
Resim A.8 a ve b, Taş temele oturan taban kirişi ana dikme ve ara dikmelerde çürümeye bağlı kopmalar .....	199
Resim A.9 Yapı iç bağdadi duvarlarında çürümeye bağlı dikme, payanda ve bağdadi çıtalarındaki kopma ve parçalanmalar .....	200
Resim A.10 Yapı iç bağdadi duvarlarında çürümeye bağlı ara dikme, payanda ve bağdadi çıtalarındaki kopma ve parçalanmalar .....	200
Resim A.11 Duvar içi dikme tabanında rutubete bağlı çürüme .....	200
Resim A.12 a, b, Dikme tabanında nem etkisi ile oluşan çürüme ve böceklenme .	201
Resim A. 13 Çürümeye bağlı taşıma gücü azamış bir dikme ve kiriş bağlantısı ....	201
Resim A.14 Döşeme kirişlerinde rutubet ve böceklenme etkisi ile çürüme ve kesit kaybı .....	202
Resim A.15 Döşeme kirişlerinin kârgir duvar birleşimlerinde çürüme etkisi .....	202
Resim A.16 Duvar çıkmasına oturan döşeme kirişlerinde rutubete bağlı çürüme etkisi .....	202
Resim A.17 Dikme ve payandaları çürümüş ve kopmuş bir yapı .....	203
Resim A.18 Saçak altı ve taş temel üzerindeki taşıyıcıları çürümüş ve kopmuş bir yapı .....	203
Resim A.19 Saçak altı çürümeye bağlı taşıyıcı sistem eksilmesi detayı .....	203
Resim B.1 Yaklaşık 110 yıllık döşeme kirişinde böcek galerileri.....	204
Resim B.2 Yaklaşık 110 yıllık meşe ağacından dikme kabuğunda çürüme ve böcek delikleri .....	204
Resim B.3 Yapraklı ağaç taşıyıcı kesitinde larva tünelleri .....	204
Resim B.4 İğne yapraklı ağaç taşıyıcı kesitinde larva tünelleri .....	204
Resim B.5 Yaklaşık 140 yıllık dişbudak ağacından çatı dikmesinde böcek uçma delikleri.....	205
Resim B.6 Larva istilasına uğramış bir ahşap dikme	
Resim B.7 Anobium Punctatum (mobilya böceği) uçma delikleri ve larvaları .....	205
Resim B.8 Nem ve ısı etkisi ile böceklenmiş bir taşıyıcıda larvalar.....	205

## SEMBOL LİSTESİ

<b>M<sub>L</sub></b>	: Lokal magnitüd (büyüklük)
<b>A</b>	: Kaydedilmiş zemin hareketinin mikron cinsinden maksimum amplitüdü (genliği)
<b>C</b>	: Episantral uzaklık fonksiyonunun düzeltme katsayısı
<b>M<sub>b</sub></b>	: Cisim dalgası büyüklüğü
<b>M<sub>w</sub></b>	: Moment büyüklüğü
<b>M<sub>d</sub></b>	: Süre büyüklüğü
<b>M<sub>L</sub></b>	: Lokal büyüklük
<b>ε<sub>l</sub></b>	: Malzeme boyundaki deformasyon oranı
<b>ε<sub>d</sub></b>	: Malzeme kesitindeki deformasyon oranı
<b>ν</b>	: Poisson oranı
<b>Δl</b>	: Malzeme boyundaki değişim
<b>l</b>	: Malzeme boyu
<b>Δd</b>	: Malzeme kesitindeki değişim
<b>E</b>	: Elastik deformasyon (N/mm <sup>2</sup> )
<b>σ</b>	: Kuvvetin etki yönündeki gerilme (N/mm <sup>2</sup> )
<b>ε</b>	: Malzeme deformasyon oranı
<b>R</b>	: Ahşabın içerdiği nem oranı
<b>G<sub>y</sub></b>	: Yaş ağırlık (gr)
<b>G<sub>k</sub></b>	: Kuru ağırlık(gr)
<b>E<sub>din</sub></b>	: Dinamik elastisite modülü (N/mm <sup>2</sup> )
<b>ρ</b>	: Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )
<b>V</b>	: Ses dalgasının yayılma hızı (m/s)
<b>E<sub>ç</sub></b>	: Çekmede elastisite modülü
<b>E<sub>e</sub></b>	: Eğilmede elastisite modülü
<b>E<sub>b</sub></b>	: Basınçta elastisite modülü
<b>E<sub>//</sub></b>	: Liflere paralel elastisite modülü (N/mm <sup>2</sup> )
<b>E<sub>r</sub></b>	: Radyal doğrultuda elastisite modülü (N/mm <sup>2</sup> )
<b>E<sub>t</sub></b>	: Teğet doğrultuda elastisite modülü (N/mm <sup>2</sup> )
<b>ΔF</b>	: Elastik deformasyon bölgesinde F <sub>1</sub> ve F <sub>2</sub> kuvvetleri arasındaki fark(KN)
<b>L<sub>s</sub></b>	: Mesnetler arasındaki açıklık (mm)
<b>b</b>	: Denek enine kesiti (mm)
<b>h</b>	: Denek yüksekliği (mm)
<b>Δf</b>	: Eğilme miktarları farkı(mm)
<b>σ<sub>B//</sub></b>	: Liflere paralel basınç direnci (N/mm <sup>2</sup> )

<b>F<sub>max</sub></b>	: Kırılma anındaki yük (N)
<b>A</b>	: Enine kesit alanı (mm <sup>2</sup> )
<b>k<sub>st</sub></b>	: Statik kalite değeri
<b>σ<sub>B//</sub></b>	: Liflere paralel basınç direnci (N/mm <sup>2</sup> )
<b>δ<sub>12</sub></b>	: %12 rutubetteki yoğunluk
<b>σ<sub>ç</sub></b>	: Çekme direnci (N/mm <sup>2</sup> )
<b>F<sub>max</sub></b>	: Kopma anındaki yük (N)
<b>A</b>	: Kuvvetin etkidiği kesit alanı (mm <sup>2</sup> )
<b>k<sub>ç</sub></b>	: Ahşabın çekme kalite değeri
<b>σ<sub>ç</sub></b>	: Liflere paralel çekme direnci (N/mm <sup>2</sup> )
<b>δ<sub>12</sub></b>	: %12 rutubetteki yoğunluk
<b>σ<sub>E</sub></b>	: Statik eğilme direnci (N/mm <sup>2</sup> )
<b>L<sub>s</sub></b>	: Silindirik mesnetlerin arasındaki mesnet açıklığı (mm)
<b>F<sub>max</sub></b>	: Kırılma yükü (N)
<b>b</b>	: Deney parçasının eni (mm)
<b>h</b>	: Deney parçasının kalınlığı (mm)
<b>σ<sub>E</sub></b>	: Eğilme direnci (N/mm <sup>2</sup> )
<b>σ<sub>M</sub></b>	: Makaslama direnci (N/mm <sup>2</sup> )
<b>F<sub>max</sub></b>	: Kayma anındaki en fazla yük (N)
<b>A</b>	: Kayma yüzeyi alanı (mm <sup>2</sup> )
<b>σ<sub>Y</sub></b>	: Yarılma direnci (N/mm <sup>2</sup> )
<b>F<sub>max</sub></b>	: Yarılma anındaki en fazla yük (N)
<b>A</b>	: Yarılma yüzeyi alanı (mm <sup>2</sup> )
<b>σ<sub>DE</sub></b>	: Dinamik eğilme (şok) direnci (kgm/cm <sup>2</sup> )
<b>w</b>	: Kırılma anında harcanan iş miktarı (kgm)
<b>b</b>	: Denek kesitinin bir kenarının genişliği (cm)
<b>h</b>	: Denek kesitinin diğer kenarının genişliği (cm)
<b>H<sub>wc</sub></b>	: Her bir deney parçasının statik sertliği
<b>F</b>	:Yükleme ucunun deney parçasının içerisinde belirli derinliğe girmesi sırasındaki yük (kgf veya N)
<b>K</b>	:Yükleme ucunun 5.64 mm derinliğe girmesi halinde 1' e, 2.82 mm derinliğe girmesi halinde ise 4/3' e eşit olan bir katsayı
<b>F</b>	:Yük miktarı (kp veya N)
<b>D</b>	: Brinell küresi çapı (mm)
<b>d</b>	: Çelik kürenin ahşapta açtığı oyuğun çapı (mm)
<b>B1</b>	: Birinci derece deprem bölgesi
<b>Z1</b>	: Birinci sınıf zemin

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>USGS</b>	: Amerikan jeolojik ölçüm kurumu
<b>PGA</b>	: En büyük yer ivmesi
<b>PGV</b>	: En büyük yer hızı
<b>PGD</b>	: En büyük yer deplâsmanı
<b>HP</b>	: Yüksek geçiş filtresi
<b>LP</b>	: Düşük geçiş filtresi

## ÖZET

Ahşap yapılar, tarih boyunca Anadolu'nun ahşap malzeme erişiminin sağlanabildiği her bölgesinde üretilmişlerdir. Ahşap malzeme, ağacın fazla bulunmadığı bölgelerde kârgir duvarlarda örgü bağlantı ve döşeme elemanı olarak, bol bulunduğu bölgelerde ise iklimsel etkilerin belirlediği dolgu ve kaplama farklılıklarına karşın benzer strüktürel örgülerde kullanılmıştır. Strüktürel örgü benzerliğinin ise Anadolu'nun depremsel yapısı nedeniyle, binlerce yıllık bir deneme yanılma platformunda şekillendiği söylenebilir. İstanbul'un ahşap yapıları ise, bu oluşum içerisinde şehrin Osmanlı İmparatorluğu'nun başkenti oluşunun da verdiği kimlikle giderek daha rafineleşmiş, geleneksel Türk evinin en güzel ve en seçkin ve strüktürel bakımdan en hafif ahşap yapı örnekleri İstanbul'da üretilmiştir. Bu nedenle, tezin birinci bölümü olan giriş kısmında, İstanbul'daki 19. Yüzyıla ait geleneksel ahşap konutların deprem dayanımlarının incelenmesindeki amaca değinilerek, konunun kapsamı ve incelenme yöntemi anlatılmıştır.

İkinci bölümde ilk olarak 19. yüzyıl İstanbul'undaki ahşap yapı karakterini oluşturan coğrafya, iklim, nüfus, yerleşim koşulları ve İstanbul kentinin geçmişten 19. yüzyıla değin kentsel yapısının biçimlenmesinde etken olmuş deprem ve yangınlardan bahsedilmiş, bu afetlere bağlı olarak alınan resmi kararlar (ferman ve nizamnameler) doğrultusunda oluşan imar düzenlemeleri ile ortaya çıkan kentsel ve yapısal değişiklikler irdelenerek inşa edilen ahşap yapıların mimari ve strüktürel özellikleri, kent içerisindeki bağımsız, yangın duvarlı sıra ev ve köşe ev şeklindeki, fiziksel konumları belirlenmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde deprem olgusu, deprem parametreleri, geleneksel ahşap yapılarda deprem etkisi incelenerek, bu yapıları depreme karşı dayanıksız kılan, zaman, çevre, kullanım ve iklime koşullarına bağlı yapısal olumsuzluklara değinilmiş, Türkiye'de ormanlar fay hatları ve geleneksel ahşap yapılar arasındaki coğrafi ve fiziksel ilişki irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde ise geleneksel ahşap yapılarımızda kullanılan ahşap türleri ve bu türlerin biyolojik, fiziksel ve mekanik özellikleri ve bu özellikleri azaltan unsurlar incelemiştir. Ahşap malzemedeki mekanik değerlerin belirlenmesinde kullanılan tahribatlı ve tahribatsız deney yöntemleri ve Süleymaniye'de bulunan yaklaşık 110 ve 130 yaşlarındaki ahşap binalardan seçilen taşıyıcı sistem öğeleri üzerinde yapılan testler sonucunda elde edilen elastisite (esneklik) modülü, çekme, basınç dirençleri, sertlik ve birim hacim ağırlığı değerleri ve bu değerlerin yeni ağaçların mekanik özellikleri ile kıyaslamaları da bu bölümde anlatılmıştır.

Beşinci bölümde geleneksel ahşap yapılarda deprem etkisi, Süleymaniye Bölgesi'nde örnek olarak seçilen yangın duvarlı bir sıra ev, SAP2000 programı ile Marmara Bölgesi'nde yüksek şiddette yıkıcı 1999 Düzce ve Adapazarı Depremlerine ait kayıtlar kullanılarak modellenerek irdelenmiştir. Modellemede üç ana kıstas kullanılmıştır. Birinci modellemede yapıda kullanılan ahşap malzeme zaman etkisinden bağımsız, yeni ahşap malzeme olarak tanımlanmıştır. İkinci modellemede geleneksel ahşap yapılarda kullanılmış yaklaşık olarak 110 ve 130 yaşındaki taşıyıcı sistem elemanları üzerinde yapılmış olan mekanik deney sonuçları ve uluslararası ahşap değerlendirme ölçütleri kullanılmıştır. Üçüncü modellemede ise yapının genel olarak en çok yıpranan kârgir duvar ahşap strüktür bağlantı noktaları ile saçak altı çürümelerinden kaynaklanan çubuk elemanlarında mafsallı kopmalarının etkisi göz önüne alınmıştır.

Sonuç bölümünde ise yapının farklı koşullardaki modellemelerinin sonuçları kıyaslanmış, bu yapıların restorasyon ve güçlendirme yaklaşımları için bir alt yapı oluşturulması için belirleyici kıstaslar oluşturulması yoluna gidilmiştir. Böylelikle farklı koşullarda yapılan modellemelerin yapının deprem davranışlarının karşılaştırılmasında etkin faktör olması görülmek istenmiştir. Geleneksel yapıların deprem karşısındaki dayanıklılık analizlerinin yapılmasının gelecekte depreme dayanıklı konut üretimi yaklaşımı konusunda olumlu veriler oluşturması çalışmanın yönlendirici düşüncesi olmuştur.



## SUMMARY

Throughout the history of Anatolia wooden structures produced in it's each region that wooden material could be accessed. If wood was inadequate in the region, it was used as a masonry wall connection element and plank flooring material, in the regions where wood was abundant buildings had similar structural systems although they have some differences like infilling material or cladding types which were determined by climatic effects. It could be said that this structural similarity in timber frames is due to Anatolia was an earthquake area and this systems acquired a shape in trial and error platform of its thousands of year's history. As for timber buildings of Istanbul -because of being capital city of Ottoman Empire- gradually refined in this formation, the most beautiful, most exclusive and structurally lightest wooden building samples produced in Istanbul. Therefore, the first chapter of the thesis in the introduction part has been dealt with the reason of the earthquake resistance of the timber houses in Istanbul and the content and investigation method of the subject defined.

In the second chapter, firstly it is mentioned geography, climate, population and settlement conditions that constitute timber building characteristic and the fires and earthquakes occurred in the city's history until 19<sup>th</sup> century which shapes its urban character. It is investigated the constructional changes and urban transformation that is occurred according construction regulations (fermans and nizamnames), as a preventive measure which belong to these disasters, therefore the architectural and structural characteristics of the buildings and their position in the city: independent, attached and corner with firewall have been determined.

In the third chapter of thesis dealt with earthquake fact and its effects on traditional wooden buildings. The negative conditions like time, environment, usage and climate that make them not resistant to earthquakes have been mentioned and the geographical and physical relationship between forests, fault lines and wooden buildings in Turkey were investigated.

In the fourth chapter wood species and their biological, physical and mechanical characteristics that were used in the construction of our traditional wooden buildings and the factors that reduce these characteristics were researched. Destructive and non destructive testing methods for timber material and the tests and results as modulus of elasticity, tension and pressure stresses and degrees of hardness values for the carrier system part samples of a nearly 110 – 130 years old wooden

house in Süleymaniye, in comparison these values with new wood's mechanical properties have been described in this chapter.

In the fifth chapter, the earthquake effect on traditional wooden houses are analysed by chosen an attached house with firewall in Süleymaniye district as an example and modelled with SAP2000 program using the parameters of the 1999 Adapazarı and Düzce earthquakes which were highly intensive and destructive. Three main criteria were determined for the model of the building. In the first modelling the timber materials were used in the construction taken into consideration as new materials, independent from time effect. In the second modelling the mechanical test results that made on approximately 110 – 130 years old carrier system specimens and international wood assessment criteria were used. In the third modelling generally most defected parts like wooden structure masonry wall joints and rupture of rod member joints under eave decays originated were taken into consideration.

In conclusion by comparing the results of modelling of the structure under different circumstances it is tried to establish new approaches to built substructures for restoration and strengthening of these structures. Thus it is wanted to be seen the modelling was made under different circumstances is effective factor for comparison of the earthquake behaviours of the same structure. Making the earthquake resistance analyses of traditional constructions for producing earthquake resistant building approaches in the future had been the leading idea for this study.

## ÖNSÖZ

“İstanbul’da 19. Yüzyıl Geleneksel Ahşap Karkas Yapılarında Deprem Etkisinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Değerlendirilmesi” başlıklı çalışma, 2004 yılında Prof. Dr. Oğuz Ceylan yönetiminde sonuçlandırılmış bulunan “Kuzey Marmara Bölgesindeki 19.Yüzyıl Ahşap Yapılarının Depreme Karşı Güçlendirilmesi” başlıklı yüksek lisans çalışmasının bir devamı olarak nitelendirilebilir. Çalışmayı diğerinden farklı kılan, 19. yüzyıl İstanbul’undan günümüze kalan ahşap yapıların kent içerisindeki yerleşim durumlarına bir örnek oluşturan yangın duvarlı sıra ev tiplemesinin bir bilgisayar programı ile modellenerek farklı koşullar altındaki deprem davranışının irdelenmesi olmuştur.

Tezin konusunu “19. yüzyıl ahşap yapıları”nın oluşturmasının nedeni ise otuz yıl öncesine değin büyük bir ahşap yapı stokuna sahip olan İstanbul’da bu stoktan günümüze yangınlar, yanlış koruma ve imar politikaları gibi nedenlerle yalnızca bu dönemden örnek yapıların ulaşmasına dayanmaktadır. Bu yapıların büyük bir çoğunluğu ise oldukça bozulmuş bir durumda bulunmaktadır. Geleneksel ahşap kültür mirasımızın gelecek nesillere aktarılması ve aynı zamanda dünyanın en önemli deprem kuşaklarından biri üzerinde yer alan ülkemizde tarih boyunca üretilmiş olan depreme dayanıklı konut yapım tekniklerinin analizlerinin yapılabilmesi ve bu analizler ışığında çağdaş yorumlarının üretilebilir olmaları bakımından Türkiye’deki ahşap konut stoku oldukça büyük bir önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın yapılabilmesi konusunda, geleneksel ahşap yapılarımız hakkındaki geniş bilgisi ve bu yapıların korunmaları konusundaki duyarlı yaklaşımı ile beni yönlendiren ve destekleyen doktora danışmanım sayın Prof. Dr. Oğuz Ceylan’a, yapıların sonlu eleman yöntemi ile modellemelerinde kullanılacak olan SAP2000 programının bedelsiz olarak kullanımını sağlayan Computers & Engineering Almanya sorumlusu İnş. Yük. Müh. Sayın Suat Başer’e, modellemesi yapılacak ahşap konut önerileri için ICOMOS eski genel başkanı Sayın David Michelmore, İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürü Hüseyin Kaya, mimar Fatma Sedes ve mimar Ali Kurultay’a çok teşekkür ediyorum. Strüktürel analizi yapılan binanın restorasyon uygulamasını gerçekleştirmesi bakımından Ali Kurultay’ın vermiş olduğu bilgiler yapının mimari plânı ve gerçek taşıyıcı sistemine ait restitüsyonların yapılması ve modellenmesi sırasında en önemli bilgi kaynağı oldu. Yapı modellemesinde mühendislik yaklaşımı belirlenmesi konusundaki düşüncelerini benimle paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Sadettin Ökten’e ve İnş. Yük. Müh. Sayın Ali Bayraktar’a, deprem mühendisliği ve SAP2000 programının kullanımı konusunda benimle değerli bilgilerini paylaşan Sayın Doç. Dr. Yasin Fahjan’a ve İnş. Yük. Müh. Hafez Keypour’a,

genel olarak ahşap malzeme ve ahşapta yıpranma konusundaki engin bilgilerini benimle paylaştığı ve literatür desteği için Floransa Üniversitesi Orman ve Tarım Bilim ve Teknolojisi Bölümü'nden Prof. Dr. Luca Uzielli'ye, konu hakkında farklı disiplinlerden araştırmacılarla tartışma olanağı verdiği için Profesör Uzielli'nin başkanlığını yaptığı COST Action IE0601'a<sup>1</sup>, literatür ve koruma felsefesi konusundaki destekleri için Floransa Üniversitesi'nden ICOMOS Ahşap komitesi başkanı Prof. Dr. Gennaro Tampone ve Milano Politeknik'ten Prof. Dr. Marco Dezzi Bardeschi'ye de teşekkürlerim sonsuz. Geleneksel ahşap yapılarda kullanılmış olan ahşap örneklerine dair yapmış olduğum tahribatsız deneylere dair bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan Floransa Üniversitesi Orman ve Tarım Bilim ve Teknolojisi Bölümü'nden Doç. Marco Togni'ye ve ölçümlerdeki yardımları için Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Sedat Kurugöl'e teşekkürlerim sonsuz. Aynı örneklerle yapmış olduğum mekanik deneylerdeki yardımları için İstanbul Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Nusret As, Arş. Gör. Erkan Avcı ve Arş. Gör. Ümit Büyüksarı'ya, ağaç tür belirlemelerinde yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Dilek Doğu ve Arş. Gör. Kâmile Tırak'a ağaçların Floransa Üniversitesi Orman ve Tarım Bilim ve Teknolojisi Bölümü laboratuvarında incelenerek tür ve cinslerinin belirlenmesini sağlayan Prof. Dr. Luca Uzielli, Prof. Dr. Marco Fioravanti ve Dr. Pina di Giulia'ya ve örnek parça kesimlerini gerçekleştiren Orman Fakültesi atölye şefi Sayın Yalçın Kılavuz'un şahsında tüm çalışan ekibe çok teşekkür ediyorum. Orman mühendisi Papatya Seçkin ise literatür yardımları ile araştırma süremi oldukça kısaltmış oldu kendisine çok teşekkür ediyorum.

Bütün bu çalışmalar sırasında beni her zaman ve her konuda destekleyen sevgili aileme, Osmanlıca metin çevirilerindeki yardımları için sevgili annem Lâtife Dışkaya'ya, fotoğraf çekimlerindeki yardımları için ablam Neslihan Dışkaya'ya, çalışmalarımda yüreklendirici etkisi ve İtalyanca çeviri yardımları ile her zaman yanımda olan sevgili Leyla Ersin'e, tez yazımı aşamasındaki desteği için sevgili arkadaşım Lütfiye Türkkân'a, sevgili Günseli Ataman'a, Serdar ve Bengü Öner'e ve tüm dostlarıma teşekkürlerim sonsuz.

Şubat 2011

Hülya Dışkaya

---

<sup>1</sup> "Wood Science for Cultural Heritage" (WoodCulther): Avrupa Ahşap Kültürel Mirasına ait Objelerin konservasyon ve restorasyon çalışmalarının pek çok farklı bilim insanı tarafından multi disiplinelle yaklaşımlarla ele alınmasının amaçlandığı uluslararası araştırma grubu.

# 1. GİRİŞ

## 1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Bir deprem ülkesi olan Türkiye’de geleneksel ahşap konutlar asırlar boyunca depreme dayanıklılık konusunda deneme yanılma yöntemiyle en mükemmel hallerine erişmişlerdir. Bu konutların en güzel örnekleri ise Osmanlı İmparatorluğu’nun başşehri İstanbul’da verilmiştir. Osmanlı Devleti’nin “Sanayi Devrimi”ni yaşamamış olmasına karşın, devrimin dünyadaki etkilerinin Tanzimat Fermanı’ndan sonra dolaylı olarak Osmanlı Devleti’ne yansımaları ve durmadan çıkarak kenti büyük ölçeklerde tahrip eden yangınlar sonucunda yapı sistemlerinin değişimi ile üretimleri duran bu konutlardan günümüze yalnızca çok az sayıda erişebilmiştir. Buna karşılık Akdeniz Deprem Kuşağında yer alan Türkiye üzerindeki deprem tehlikesi halen devam etmektedir.

Bu çalışmanın amacı asırlar boyunca depreme dayanım konusunda kendini ispatlamış olan bu yapıların belirli bir sınıflandırma altında günümüzde kullanılan gelişmiş bilgisayar programları ile modellenerek taşıyıcı sistem analizlerinin yapılması ve deprem davranışlarının izlenerek depreme karşı güçlü olma nedenlerinin araştırılması ve deprem karşısındaki güçlerini azaltan unsurların belirlenmesi isteğidir. Çalışmada gelecek nesillere kültür mirasımızın aktarılmasında çok önemli bir yer tutan binlerce yıllık ahşap yapı geleneğimizin, çok önemli bir deprem kuşağında yer alan bir hat boyunca değerlendirilerek deprem davranışlarının izlenmesi esas alınırken, bu doğrultuda inşa edilecek yeni ahşap yapıların tasarımlarına dair doğru yaklaşımlar oluşturulması da göz önünde tutulmak istenmiştir.

## 1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

19. yüzyıl İstanbul’unda geleneksel ahşap yapılar, kentin Osmanlı İmparatorluğu’nun savaşlarda kaybettiği topraklardan sürekli göç alması nedeniyle giderek daha da darlaşan alanlarda sıkışmışlardı. Konutların kent içerisindeki yerleşimleri: sıra ev veya bahçe içerisinde tekil ev karakterindeydi. Yapıların zamana bağlı yıpranma ve bakımsızlık nedeni ile tahrip olmalarının taşıyıcı sistemleri üzerindeki etkileri incelenince iki önemli unsurun deprem davranışı açısından irdelenmesi gerekliliği ortaya çıkmış oldu. Bunlardan birincisi: Çubuk elemanlardaki neme bağlı mantarlaşma, böcek istilası, zamana bağlı yorulma gibi etkilerin yarattığı güç azalımının elastisite modülü üzerindeki etkisi; ikincisi: Strüktürün kârgir yapı ile birleşim noktaları ve saçak altlarında oluşan çürümelere bağlı olarak düğüm noktalarındaki işlevsel bozulmalar şeklinde ortaya çıkmış oldu. Bu da aynı yapının

deprem davranışı incelenirken farklı etkenlerin farklı modelleme kabulleri gerektirdiğini belirlemiştir.

Araştırmanın kapsamını da bu nedenle İstanbul'da 19. Yüzyıldan günümüze erişebilmiş olan yangın duvarlı ahşap sıra konutların taşıyıcı strüktürdeki ve mafsallardaki bozulmalarına bağlı olarak ortaya çıkan zayıflıklarının tespit edilebilmeleri ve doğru restorasyon tekniklerinin seçimi amaçlı modellemelerinin yapılması gereği belirlemiştir.

### **1.3. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ**

İstanbul'daki geleneksel ahşap karkas yapılardaki deprem etkisinin sonlu elemanlar yöntemi ile değerlendirilmesi amacını taşıyan çalışma için 19. yüzyıldan günümüze kalmış olan Eminönü Demirtaş Mahallesi'ne bağlı Süleymaniye Ayrancı sokak, 496 ada, 96 pafta, 13 parseldeki sıra ev modelleme örneği olarak seçilmiştir. Yapının, 1913-1914 tarihli Alman Mavileri haritalarında görüldüğü fakat 1904 Goad Haritalarında bulunmadığı göz önüne alınacak olursa 1905-1910 tarihleri arasında inşa edildiği söylenebilir.

Çalışma yöntemi olarak öncelikle yapının rölöve ve restitüsyon çalışmaları yapılmış, taşıyıcı sistemi ve strüktürde kullanılan ahşap türleri belirlenmiştir. Bu yapıya ait bir kısım taşıyıcı sistem elemanı Mimar Sinan Üniversitesi ve İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi laboratuvarlarında mekanik testlere tabi tutularak elastisite (esneklik) modülleri, çekme, basınç gerilmeleri ve özgül ağırlık değerleri saptanmıştır.

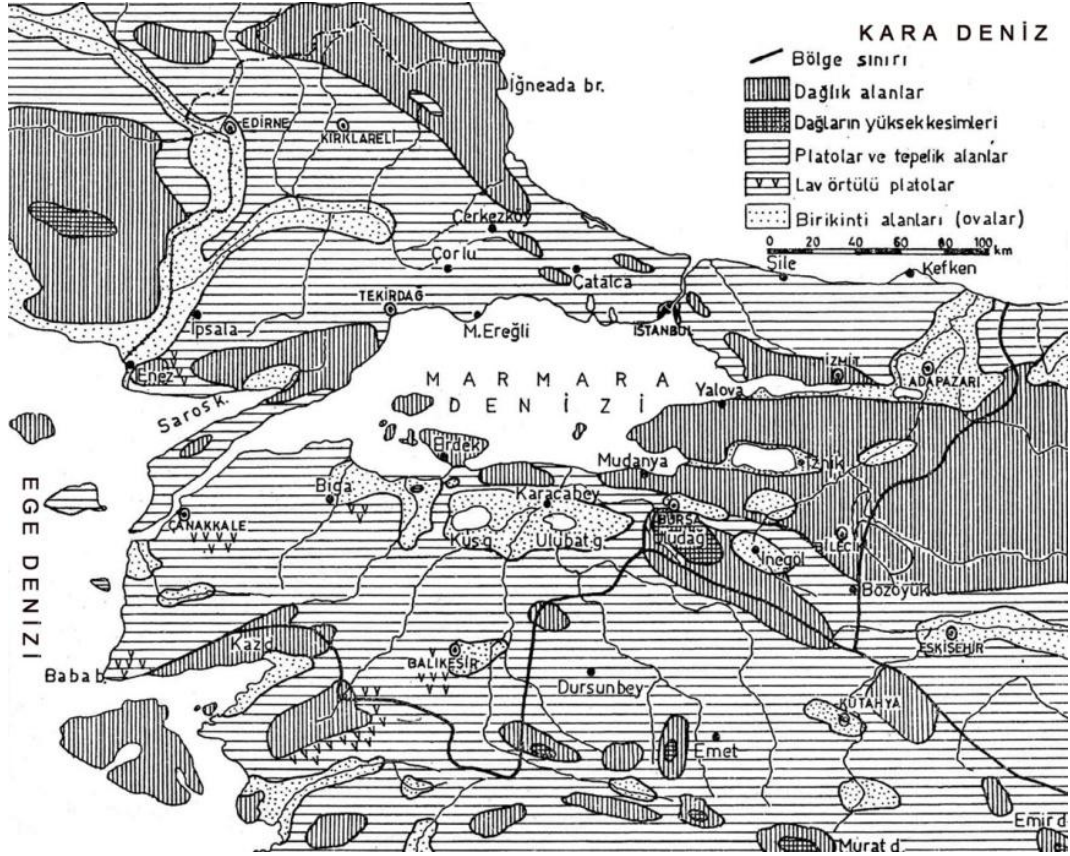
Modelleme üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada yapının, yeni malzeme ile inşa edildiği kabulü ile sonlu elemanlar yöntemi ile modelleneceği SAP2000 programında tanımlanarak ilk yapılış zamanına ait statik ve dinamik davranışı ve taşıdığı gerilmeler belirlenmiştir. İkinci aşamada laboratuvarında bulunan test değerleri doğrultusunda programa tanımlanmış elastisite değerleri, ahşap yoğunluk değerleri ve kesit alanları belirli oranlarda azaltılarak modelleme yapılmıştır. Bu aşamada TS 647 Ahşap yapıların hesap ve yapı kuralları, Eurocode5: Ahşap yapıların projelendirilmesi (Eurocode5: Design of timber structures), UNI11119 Ahşap yapı elemanlarının "in situ" (yerinde) değerlendirilmesi; UNI EN338 Strüktürel ahşabın dayanıklılık sınıfları; UNI 11035-1 İtalyan strüktürel ahşaplarının görünüşlerine göre mekanik dayanımları: terminoloji ve karakteristik ölçülendirmeleri; UNI 11035-2 İtalyan strüktürlerinde kullanılan ahşapların dayanımlarına ve karakteristik değerlerine göre sınıflandırılma kuralları gibi ulusal ve uluslararası ahşap şartnameleri de göz önünde bulundurulmuştur.

Üçüncü ve son modellemede ise yapının bodrum kat duvarları üzerindeki alt tabanlarına oturan dikme altlarında, yangın duvarına oturan döşeme kirişlerinin bağlantı noktalarında, saçak altlarında, üst tabanlarda, üst tabana bağlanan ana ve ara kiriş bağlantı noktalarında oluşan çürümeler ve kopmalar sonucunda sistemin tüm mafsallarının bir bütün olarak çalışmaması durumunun programa tanıtılması ile oluşan statik ve dinamik davranış belirlenmiştir. Modellemelerde 1999 Adapazarı ve Düzce Depremlerine ait kayıtlar kullanılmıştır. Her üç yükleme sonucunda elde edilen modelleme sonuçlarının kıyaslanması araştırmanın yöntemini belirlemiştir.

## 2. İSTANBUL'DA 19. YÜZYIL GELENEKSEL AHŞAP KARKAS YAPILARINI OLUŞTURAN KOŞULLAR

### 2.1. COĞRAFYA, İKLİM, BİTKİ ÖRTÜSÜ

İstanbul, Türkiye'nin yedi coğrafi bölgesinden biri olan Marmara Bölgesi'nde yer alır. Marmara Bölgesi, 67.000 km<sup>2</sup> lik yüzeyi ile ülke yüzölçümünün % 8' ini kaplar ve ismini bütünü ile toprakları içerisinde kalan İstanbul ve Çanakkale boğazları aracılığı ile Karadeniz ve Ege Denizi'ne açılan iç denizden alır (Ana Britannica, 1989). Bölgenin sınırları doğuda Karadeniz ve İç Anadolu bölgeleri ile güneyde Ege Bölgesi, kuzey batıda Yunanistan ve Bulgaristan'a kadar uzanır. Balkan Yarımadası ile Anadolu arasında Avrupa ve Asya kıtalarını birbirine bağlayan bir köprü niteliği taşımaktadır. Diğer altı coğrafi bölgeye göre yükseltisi en az olanıdır (URL-1, 2009).

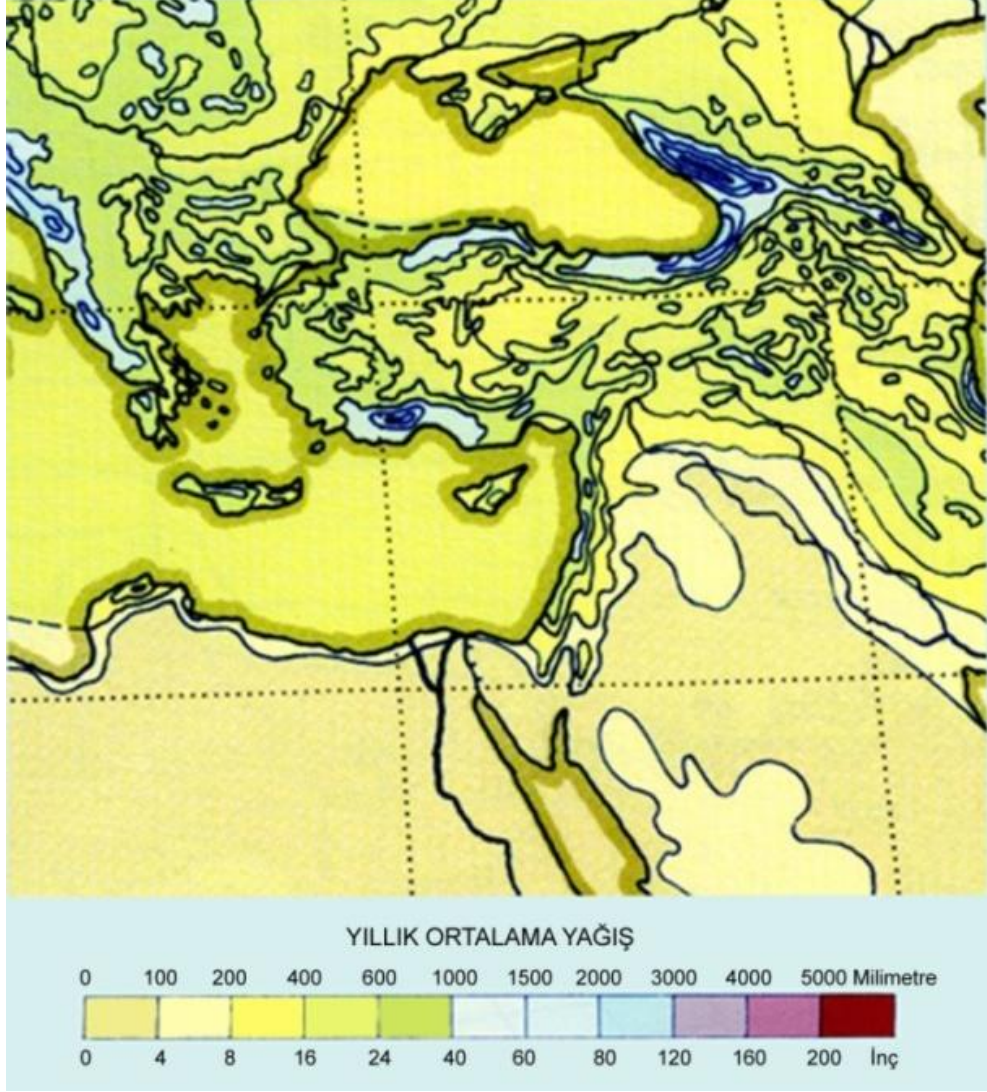


Şekil 2.1 Marmara Bölgesi coğrafi haritası (Darkot ve Tuncel, 1981)

İstanbul kenti, ismini verdiği İstanbul boğazının iki yakasına kurulmuştur (URL-2, 2009), 40° 58' 22" K, 28° 52' 55" D koordinatlarında yer alır. Kent doğal yapı açısından, genel olarak plato özelliği taşır. Batıda Trakya (Sakaoğlu, 2007) ve doğuda Kocaeli yarımadalarının arasına sıkışmış bulunan bu plato, yüksek olmayan tepelerle hafifçe engebelenmiş, İstanbul Boğazına Marmara ve Karadeniz'e dökülen arazi vadileri ile parçalanmıştır (Şekil 2.1).



İstanbul ve çevresi, Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasındaki geçiş alanında yer almaktadır. Akdeniz ikliminin yazları sıcak kışları ılık ve yağışlı olmasına karşın, Karadeniz, Balkanlar ve Anadolu'nun karasal ikliminin etkisi şehir iklimini kendisine özgü bir duruma dönüştürür.



Şekil 2.2 Türkiye ve çevresinde yıllık ortalama yağış haritası (Atlas world climatology map)

Kandilli rasathanesi verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık  $13,7^{\circ}$ , Ocak ayı ortalaması,  $-5^{\circ}$ , Temmuz ayı ortalaması  $22,7^{\circ}$  dir (URL-3, 2009). Yıllık yağış ortalaması 789 mm olan şehirde (Şekil 2.2) kısa ve düzensiz akışlı pek çok akarsu bulunur. Bu akarsular doğrudan deniz ya da göllere dökülürler.

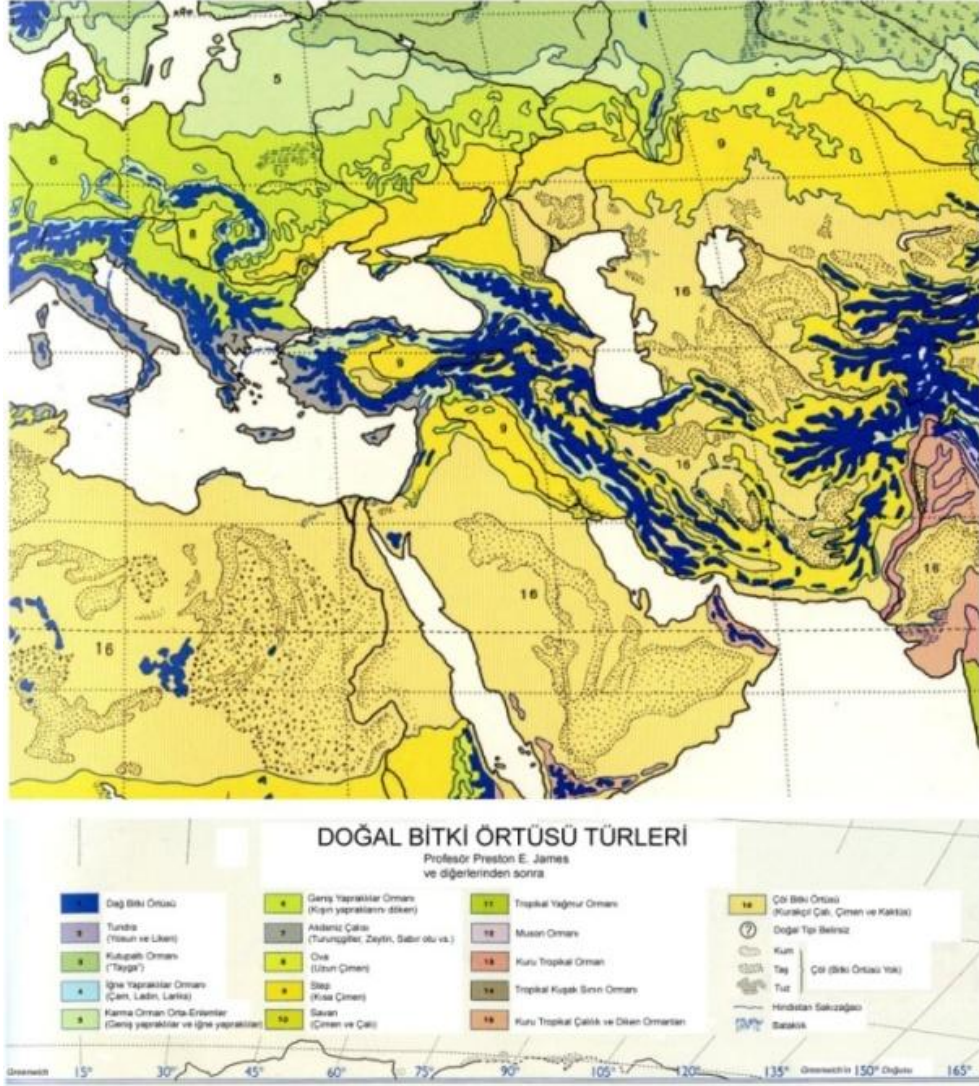
Plato niteliğindeki il topraklarını parçalayan çok sayıda vadiden en önemlileri İstanbul Boğazı ve Haliç' tir (Ana Britannica, 1989), (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 1876 Sabri Rıza İstanbul ve Boğaziçi haritası (Kayra, 1990)

İstanbul'un hâkim iklim karakteri ve toprak cinslerine göre değişim gösteren doğal bitki örtüsü, orman, maki, Karadeniz iklimine uyum göstermiş nemli karakterli daha ağaçsı maki ve kıyı bitkilerinden oluşmuştur (Şekil 2.4). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü verilerine göre şehrin kapladığı alan, 540032.9 hektardır. Bu miktarın 242420 hektarı ormandır (Şekil 2.5). İstanbul'un bitki örtüsü,

kuzeye bakan yamaçlarla güneye bakan yamaçlar arasında farklılık gösterir. Akdeniz bitki örtüsü, Marmara denizi kıyıları, boğazın iki yakasında, adalarda ve Karadeniz kıyılarında yaygındır.



Şekil 2.4 Türkiye ve çevresindeki bitki örtüsü dağılımı (Atlas world vegetation map)

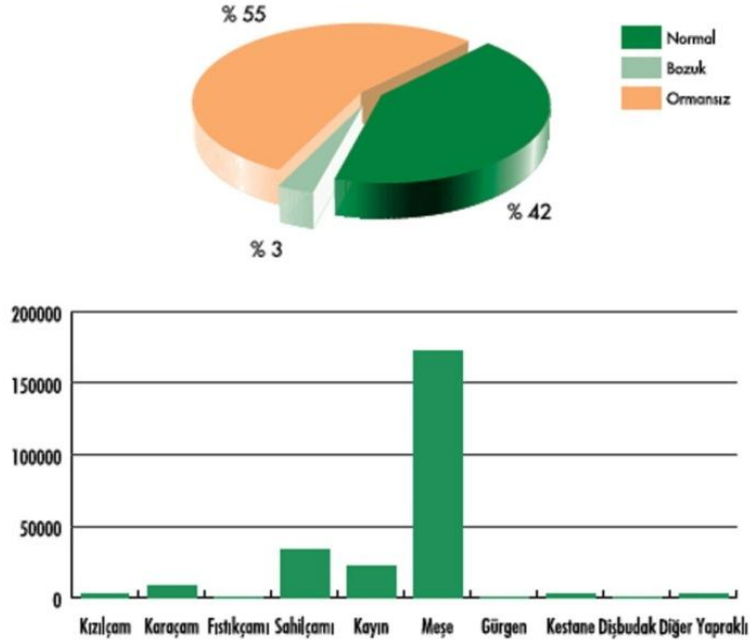
Maki toplulukları, kurakçıl orman bitkileri<sup>2</sup> ve ilin orta kesimlerindeki ormanlarda meşe türleri egemendir. Kuzey kesimlerde yer alan nemli ormanlar, meşe, gürgen, kayın, kestane gibi geniş yapraklı ağaçlardır. Trakya'nın kıyı kesiminde yapraklarını döken çalılar ile yer yer makilikler bulunur maki dışındaki ormanlık alanlarda meşe türleri hâkimdir (URL-4, 2009).

<sup>2</sup> Kurakçıl bitki: Kuraklığa dayanıklı ve mümkün olduğunca az sulamayı gerektiren bitkiler: Çam türleri, Lawson Yalancı Servisi, Arizona Servisi, Adi Porsuk, Doğu Mazısı, Mabet Ağacı, Yalancı Akasya, Sahra Akçaağacı, Güvey Kandili, Alıç türleri, Erguvan, Gladiçya ya da Üçdiken, Titrek Kavak, Zofora, Katalpa, Saplı Meşe, İğde.

Çizelge 2.1 İstanbul ili ağaç türleri ve kapladığı alanlar (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı)

Ağaç Türü	Alan(hektar)
Kızılcıam	1853.8
Karaçam	7626.3
Fıstıkçamı	97
Sahilçamı	33631.1
Kayın	21539
Meşe	171953.9
Gürgen	98.5
Kestane	2473.4
Dişbudak	506
Diğer Yapraklı	2641
Toplam Orman	242420

Şekil 2.5' te T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı verilerine (2010) göre İstanbul ili orman varlığının nitelik ve ağaç türleri itibarı ile alansal durumu Çizelge 2.1' de ise ağaç türleri ve kapladıkları alanlar verilmiştir.



Şekil 2.5 İstanbul ili orman varlığı nitelik ve ağaç türleri (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı)

## 2.2. NÜFUS ve YERLEŞİM

Tarih boyunca İstanbul Boğazı, Haliç ve Marmara denizi kıyıları iklimsel koşulların uygunluğu ve ulaşım kolaylığı nedeniyle yoğun yerleşme alanları olmuşlardır (Ana Britannica, 1989). Kentin asıl merkezi ise kuzeyde Haliç, doğuda Boğaziçi, güneyde Marmara denizi, batıda ise kara surları ile çevrilmiş olan üçgen biçimli yarımadadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 19. yüzyıl sonu İstanbul'u (Çelik, 1989)

Günümüzde "Tarihi yarımada" "Suriçi", tarihte "Nefs-i İstanbul" olarak adlandırılan bu bölümde Saray Burnu'ndan kara surlarına değin giderek yükselen ve üzerinde simgesel yapılar barındıran yedi tepe sıralanır (Sakaoğlu, 2007). İstanbul topografyasının bir gerekliliği olarak Greklerden beri aynı işlevlendirmelerle devam eden kentin mekânsal süreklilik geleneği kendisini bu tepelerde inşa edilmiş olan yapı ve heykellerle göstermiştir (Kuban, 2004). İstanbul'u oluşturan kent kısımları ise Nefs-i İstanbul denilen Suriçi bölgesi'nin yanı sıra Bilâd-ı selâse denilen Galata, Eyüp, Üsküdar yerleşimleri idi (Sakaoğlu, 2007).

İstanbul tarih boyunca pek çok kavim ve devletlerinin istilasına uğramış, Roma, Bizans, Lâtin ve Osmanlı İmparatorluklarına başkentlik etmiş olan bir şehirdir. Şehir zaman içerisinde "Konstantinopolis" (Konstantin'in şehri), Nova Roma/Nέα Ρώμη (Yeni Roma/Yeni Şehir), "Πόλις/Polis" ve "εις τήν Πόλι(v)" (is tin boli) (şehire,

şehirden) ismiyle anılmış, Osmanlı Döneminde ise Stimbol, Estambol ve İstanbul gibi değişimlerden İstanbul şekliyle kalmıştır. Dersaadet ve Âsitane de İstanbul'un Osmanlı döneminde kullanılan isimleri olmuştur (Ana Britannica, 1989).

Kozmopolit yapısı ile İstanbul her din, dil ve milletten oluşan bir nüfusa sahip olmakla birlikte bu farklı din veya milliyetten grupların kent içerisindeki istihdamları farklı bölgelerdeydi. Müslüman-Türk kesim daha çok Suriçi'nin merkezinde ikamet ederken, gayr-ı Müslim nüfus olan Rum, Ermeni ve Yahudiler daha çok Haliç ve Marmara kıyılarında yerleşmişlerdi (Çelik, 1998).

19. yüzyıl ortalarından itibaren Osmanlı İmparatorluğu'nun savaşlarla sürekli toprak kaybetmesi, kaybedilen topraklardaki Müslüman nüfusun İstanbul'a göç etmesine ve şehir nüfusunun giderek artmasına sebep oluyordu. Bunun nedenlerinin başında can güvenliği, sonra geçim sıkıntısı ve refah isteğiydi (Cezar, 2002). Tanzimat fermanına değin kentin göç almasına engel olmak üzere çeşitli genelgeler yayınlanmasına karşın Tanzimat'tan sonra bu genelgelerin yayınlanmasından vazgeçilmiştir. 19. yüzyılda sürekli büyüyen ve genişleyen vilayetin nüfusu 1898 – 1906 tarihli sayımlara göre 1.403.000'tü ve dünyada nüfusu bir milyonun üzerinde olan on üç kenti arasında on birinci sırayı almaktaydı. Bu nüfusun 100.000'i belediye merkezi dışarısında, 1.300.000'i belediye merkezinde ve nüfusun 3/5'i de Suriçi ve Galata-Eyüp ve Üsküdar'da oturmaktaydı, (Sakaoğlu, 2007).

### **2.3.KENTSEL VE YAPISAL BİÇİMLENMEDE DEPREM ve YANGINLARIN ETKİSİ**

İstanbul'un kıtalararası geçit niteliğindeki konumu onu tarih boyunca çeşitli devletlerin çekim alanında tutmuştur (Eyice, 2006). Sürekli istilalara uğrayan ve göç alan kentin nüfusu farklı milletlere dayanan bir çeşitlilik ve kozmopolitlik arz etmiştir. Artan nüfusla birlikte ise yerleşim bölgelerinde giderek daha sık ve düzensiz bir yapılaşma ortaya çıkmıştır.

Şehir, Kuzey Anadolu Fay Hattı kolunun Marmara Denizi'nin içerisinden geçiyor olması nedeniyle asırlar boyunca çok şiddetli depremlerle yıkılmış, depreme karşı dayanımı nedeni ile ahşap yapılarla devamlı imar edilmesine karşın bu kez de çeşitli nedenlerle çıkan büyük yangınlarla tarih boyunca yok olup yeniden yapılmıştır.

İlk kez, "kıyamet-i suğra: küçük kıyamet" olarak adlandırılan, 45 gün süren (Sancaklı, 2004) İstanbul ve Edime şehirlerinde büyük ölçüde hissedilen ve İstanbul şehrini neredeyse tamamen yıkan 1509 depreminden sonra (Ürekli, 2000), padişah II.Bayezid' in fermanı ile İstanbul'da konutların, depreme dayanıklı olmaları nedeniyle ahşap olarak inşa edilmeleri zorunlu kılınmıştır (Sancaklı, 2004).

Anadolu'da depreme karşı asırlar boyunca deneme yanılma yolu ile geliştirilmiş olan ahşap karkas yapıların (Dışkaya, 2006) strüktürel açıdan en hafif ve yetkin örneklerini başkentte göstermelerinin sebebi de şehrin yüksek derecedeki deprenselliği olarak kabul edilebilir. Depreme karşı ahşap yapı inşası ile birlikte kentin nüfusu arttıkça, bir plândan bağımsız sık evlerle dolu dar sokak örgüleri oluşmakta ve çıkmaz sokaklar çoğalmaktaydı (Cezar, 2002). Ahşap yapı inşasına bağlı olarak da şehir, çeşitli sebeplerle çıkan ve fetihten sonraki kayıtlarda en erkeni 1489'a tarihlenebilecek olan büyük çaplı yangınlarla tarih içerisinde defalarca yok olmuştur (Cezar, 1963).

Şehri defalarca çok büyük maddi kayıplara uğratarak yok eden yangınların tüm şehre yayılmasında en önde gelen etken olarak ahşap yapıların kent içerisindeki yerleşim sıklıkları ile çıkmaz ve dar sokaklı kent dokusu olduğu açıktır.

Osman Nuri'nin İstanbul'da İmar ve İskân Hareketleri başlıklı konferansına dile getirdiği İmar tutanaklarında İstanbul'un sokakları hakkında:

"İstanbul'un şimdiki sokaklarına tarik (yol) ismi vermek bile şayan olmayıp eğri büğrü ve iniş yokuş birtakım dar delikler şeklinde olması ile Hudanegerde (Allah korusun) bunlardan birinde ateş zuhur etse itfaiye aletlerinin alınıp kullanılabilmesinin mümkün olamayışının yanı sıra yananların mal ve canlarını kurtarabilmelerinin dahi çok zor olması"ndan bahsedilmektedir (Ergin, 1938).

Kanuni düzenlemelerle engellenmek istenmesine karşın ahşap yapı inşasının devamını sağlayan en önemli sebepler arasında:

- "İstanbul'da zaman içerisinde bir ahşap yapı geleneğinin oluşmuş olması;
- Evlerin büyük ve ferah yapılması isteği (Eldem, 1987);
- İstanbul'da kârgir inşaat malzemesinin ahşap inşaat malzemesine göre daha pahalı oluşu;
- Ahşap konutların kârgir konutlara göre daha kısa sürede inşa edilmesi;
- Nem oranı oldukça yüksek olan İstanbul'da ahşabın kârgire göre daha sağlıklı bir malzeme oluşu;
- Büyük yangınlardan sonra insanların konut ihtiyacına en kısa sürede ahşap malzeme ile inşanın cevap vermesi;
- Geniş saçaklı ve cumbalı mimari yapı geleneğinin yalnızca ahşap malzeme ile yapılan konutlarla devam edilebilmesi" (Cezar, 2002)
- olarak sıralanabilmekle birlikte, bu konudaki en önemli etkenin binlerce yıllık deprem geçmişi olan ülkede depreme karşı en dayanıklı yapı malzemesi olarak ahşabın kullanılması ile elde edilmiş olan yapı teknikleri olduğu söylenebilir (Dışkaya, 2006).



Şekil 2.7 1875 Aksaray Horhor'da geleneksel kent dokusu (Denel, 1982)



Şekil 2.8 1890 Aksaray Horhor'da yangınlardan sonraki düzenlemelere göre oluşturulan yeni kent dokusu (Denel, 1982)

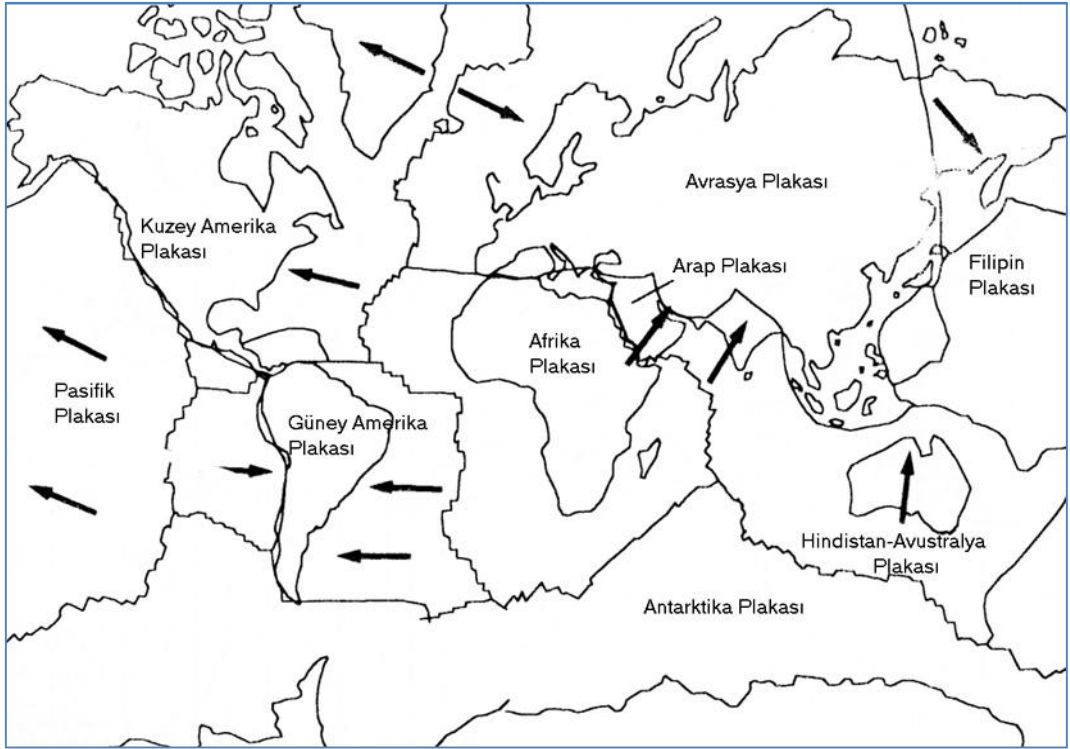
19. yüzyıla gelindiğinde yangınlarla yanıp yıkılan şehir bölümlerinde yeni nizamnamelerle oluşturulan yeni mahalle ve sokaklar düzenlenmeye başlanmıştır. Bu amaçla, Avrupa şehirlerinde olduğu gibi mühendislik kuralları ile tasarlanmış bir kent dokusunun oluşturulması gerekliliği üzerinde durulmuş, Avrupalı mimar ve mühendislerin davet edilmelerinin yanı sıra çağdaş kent mimarisinin öğrenilmesi için yurtdışına öğrenci gönderilmesi kararı alınmıştır. Sadrazam Mustafa Reşit Paşa tarafından 1839'da davet edilen Prusyalı Mareşal Helmuth von Moltke, İstanbul'un sokaklarının mühendislik kurallarına uygun olarak yeniden tasarlanması ve düzenlenmesi için görevlendirilmiştir (Çelik, 1986). Aynı amaçla İtalyan mimar Luigi Storari, şehrin büyük bir kısmını yok eden 1856 Aksaray yangınından sonra bölgenin yeniden plânlanması amacı ile davet edilmiştir (Çelik, 1986). Yangın söndürme araçlarının sokaklara rahatlıkla girebilmeleri ve insanların yangınlardan daha kolay kurtarılabilmesi amacı ile şehir çıkmaz sokaklı yapısından arındırılarak dik açılı bir cadde ve sokak yapısına kavuşturulmuştur.

Bu çalışmalar doğrultusunda oluşan kentsel doku örneği olarak, Şekil 2.7' de 1875 Aksaray Horhor bölgesinin yangından önceki dar ve çıkmaz sokaklı dokusu, Şekil 2.8' de ise 1890 tarihinde oluşturulan, (gridli) dik açılı geniş sokak dokusu izlenilebilir.

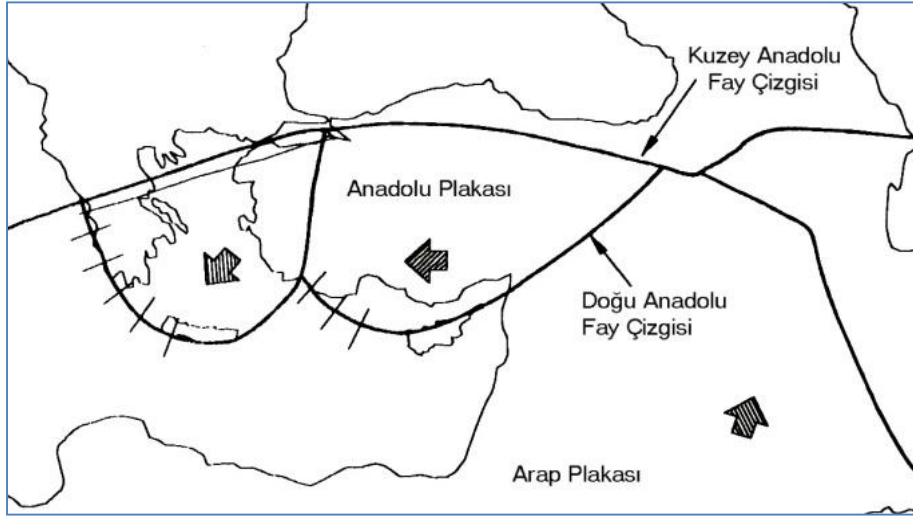


### 2.3.1. İstanbul'un Depremsel Yapısı

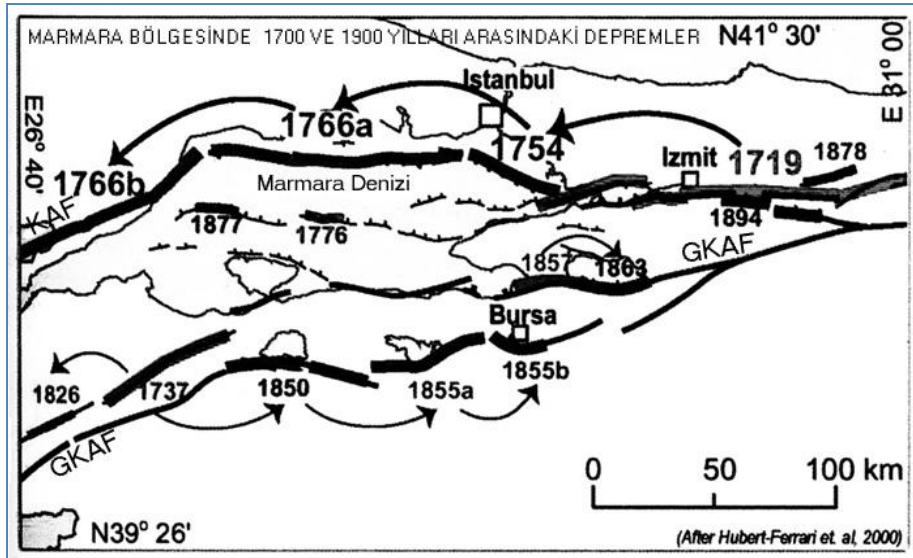
İstanbul şehri yeryüzünün en önemli fay hatlarından biri olan Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde yer almaktadır. Suudi Arabistan, Irak ve Suriye'nin yer aldığı Arap Plakası'nın kuzeybatı yönünde hareketi kuzeyden Avrasya Plakasının karşı hareketi ile engellenmekte (Şekil 2.9) ve bu nedenle Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay hatları meydana gelmektedir (Şekil 2.10). Kuzey Anadolu fay hattı ise Türkiye'nin doğuda 40N-41E enleminden başlamakta, kuzey, orta ve güney olmak üzere üç kola ayrılmakta (Çamlıbel, 1992), fayın kuzey kolu İstanbul'un 10 km güneyinden geçerek (Barka ve Er, 2006), (Şekil 2.11), batıda 30,5 meridyenine ve Yunanistan yarımadası ile İtalya'ya uzanmaktadır (Şekil 2.12). Arap yarımadasının Anadolu yarımadasını kuzeybatı yönünde itmesi, her yıl yarımadayı batı yönünde 1,5 – 2 cm kadar kaydırmakta ve oluşan sıkışma bölgede enerji birikimini sağlamaktadır. Biriken enerjinin boşalımı tarih boyunca bölgede önemli depremlere neden olmuştur (Çamlıbel, 1992).



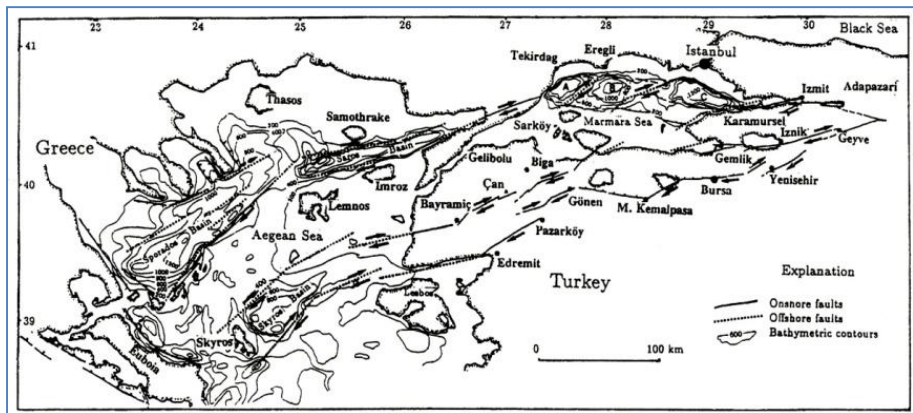
Şekil 2.9 Yeryüzünün tektonik haritası (Celep ve Kumbasar, 2004)



Şekil 2.10 Kuzey Anadolu Fay Hattını gösteren harita (Celep ve Kumbasar, 2004)



Şekil 2.11 Marmara Denizinden geçen Kuzey Anadolu Fay Hattı kolları (Dept. of Earthquake Eng., B.U., 2003)

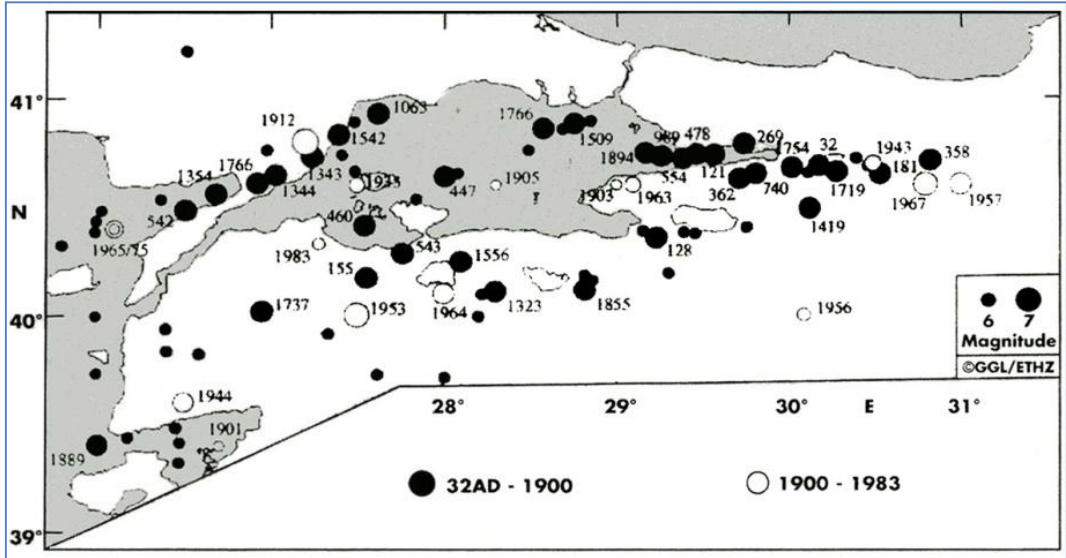


Şekil 2.12 Marmara ve Ege Denizine uzanan Kuzey Anadolu Fay Hattı kolları (Ercan, 2001)

### 2.3.1.1. Tarih Boyunca İstanbul Depremleri

40° 52' 04" Kuzey ve 29° 14' 23" Doğu koordinatlarında yer alan İstanbul şehri tarih boyunca, kayıtlarda M.S. 32 yılından itibaren (B.Ü., Dept. of Earthquake Eng., 2003), (Şekil 2.13) ve en sonuncusu 1999'da gerçekleşen yıkıcı depremlerle karşı karşıya kalmıştır (Dışkaya, 2004).

İstanbul'u etkileyen Marmara Bölgesi depremlerine ait bilgilere, yerleşim bölgelerinde oluşan yıkım ve hasarlar doğrultusunda çeşitli arşiv kayıtlarından erişilebilir olmakla birlikte, eski takvimlere göre tarihlendirildikleri için -örneğin Julien takvimi, Gregoryen takvimi, Hicri takvim gibi- aynı depremin farklı tarih bilgileri ile günümüze ulaşmaları da mümkün olabilmektedir (Sancaklı, 2004). Bölgede tarihçiler tarafından kayıtlara geçen ilk deprem MS. 29 yılında olmuştur. Merkezi Gemlik olan deprem sonucunda, İznik (Nicea) ve İzmit (Nicomedia) yerleşimleri tamamen yıkılmıştır (Ercan, 2001). Yapılarda tarih boyunca deprem etkisinin bilinebilmesi, bu doğrultuda depreme karşı önlem alınabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. İstanbul'da Rasathane-i Amire 1868'de kurulmuş olmakla birlikte burada başlangıçta yalnızca meteoroloji ölçümleri yapılmıştır.



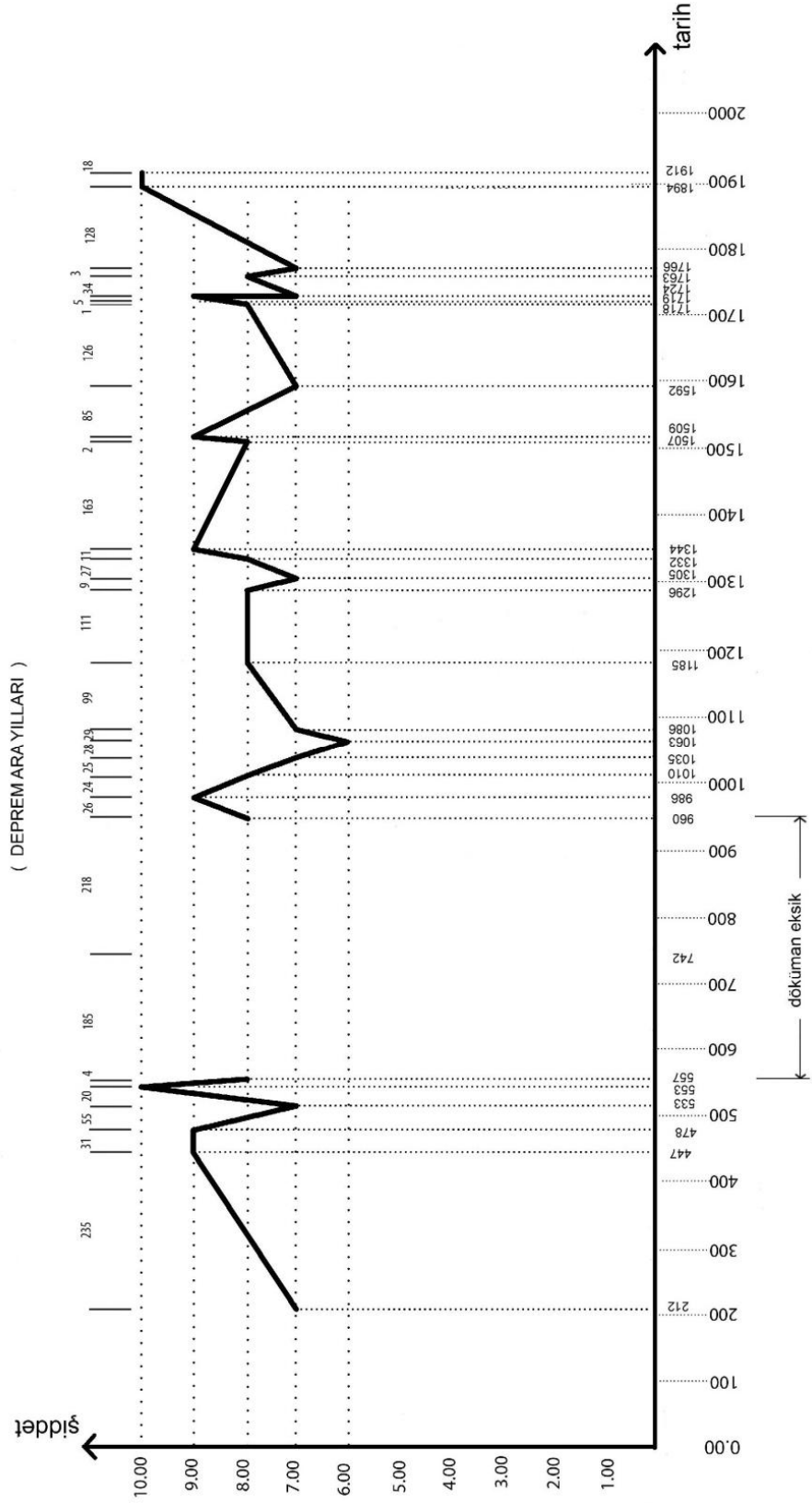
Şekil 2.13 M.S. 32-1983 yılları arasında Marmara Bölgesi depremleri (Barka ve Er, 2001)

1894 İstanbul depremi ile deprem kayıt sistemlerinin önemi ortaya çıkmış ve ilk sismograflar Padişah II. Abdülhamit'in emri ile satın alınmıştır. Fakat ilk başarılı aletsel deprem kayıtları 1911'de kurulmuş olan Kandilli Rasathanesi'nde 1926 yılından tutulmaya başlanılmıştır (URL-5, 2010). Daha önceki depremlerin etkileri ise ancak, tarihçilerin tutmuş oldukları tarih belgelerinden izlenebilmektedir (Çamlıbel, 1992). İstanbul ve çevresini tarih boyunca olan büyük depremler olmuştur. Ayasofya

yapılışını izleyen yıllarda deprem etkisi ile yıkılmış ve 1509 depreminin büyük yıkıcı etkisi nedeniyle Sultan II. Bayezid İmparatorluk başkentini Edirne'ye taşımış ve İstanbul'daki yapılar ahşap olarak yeniden inşa edilmeye başlanmıştır. Çizelge 2.2' de İstanbul'da tarih içerisinde olan depremler ve oluşturdukları zararlar görülmektedir.

Çizelge 2.2 İstanbul' da tarihi deprem hasarları (Çamlıbel, 1992)

İstanbul'da tarihi deprem hasarları	
Tarih (İ.S.)	Deprem hasarları
212	Büyük şiddette deprem, salgın hastalıklar yaklaşık 300.000 ölü
444	Kiliseler ve kale duvarları yıkıldı
478	Kiliseler yıkıldı
538	Ayasofya'nın kubbesi çöktü
740	Birçok kilise yıkıldı. Binlerce ölü
960	Ayasofya çöktü
986	Ayasofya'da önemli hasarlar
1010	Kırk Azizler Kilisesi yıkıldı
1199	Yer yarıldı, insanlar yarıklar içine gömüldü
1295	Havari kilisesi karşısındaki Saint Michael Heykeli yıkıldı
1305	Evler yıkıldı
1332	Evlerde ve kiliselerde büyük hasar
1344	Ayasofya ve birçok kilisede büyük hasarlar
1507	Deprem elli gün sürdü, saraylarda büyük hasar, binlerce ölü
1509, 1510, 1512, 1514	Kubbeler, minareler, kale duvarları yıkıldı
1729	Şiddetli bir deprem, ağır hasarlar
1763	Fatih ve Beyazıt camilerinde büyük hasar
1766	Sultan Selim, Şehzade, Süleymaniye, Nur-ü Osmaniye, Ayasofya ve Yeni Camide hasarlar
1894	Edirnekapı-Mihrimah camisinde hamamlarda, evlerde büyük hasarlar



Şekil 2.14 İstanbul'u etkilemiş olan tahripkâr depremlerin yıllara göre dağılımı (Çamlıbel, 1992)

İstanbul’ da en büyük etkili iki depremden biri 1894’ de merkezi İstanbul yakınlarında ve şiddeti 9 olan, tarihi yapılarda büyük hasarlar meydana getiren ve diğeri 1912 Şarköy-Mürefte yakınında meydana gelen ve şiddeti 10 olan depremlerdir. Şehirde büyük hasar yaratan 1894 yılı depreminin sebep olduğu yıkım boyutunu yabancı seyyahların yazdıkları metinlerden de izlemek mümkündür. 1888 -1918 yılları arasında İstanbul’da yaşamış olan devrin ünlü konser piyanistlerinden Anna Grosser Rilke (2009):

“Deprem sırasında Leipzig’de bulunmalarının büyük bir şans olduğunu, böyle büyük bir felaketi yaşamaktan bu yolculuk sayesinde kurtulduklarını, İstanbul yakasındaki (suriçi) büyük taş evlerin tamamen yıkıldığı veya çok zarar gördüklerini buna karşılık ahşap yapıların ayakta kaldıklarını” dile getirmiştir.

Çamlıbel (1992)’ e göre 1912 Şarköy Mürefte depreminden 100-150 yıl sonra yani 2000-2050 yılları arasında olma ihtimali bulunan şiddetli depremler, 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999’da Adapazarı (M=7.4) ve Düzce (M=7.2)’ de meydana gelen ve şiddetleri 10 olan depremler ile başlamış bulunmaktadır. Şekil 2.14’ de Çamlıbel’ e göre tarih boyunca tahrip edici İstanbul depremleri kronolojisi izlenebilmektedir.

### **2.3.2. Tarih Boyunca İstanbul Yangınları**

Yangın, İstanbul şehri tarihinde semtleri, mahalleleri, sokakları ve evleri toplu olarak yok eden tabii olmayan afetlerin başında gelmiştir. Yangınlar da depremler gibi ebniye nizamnameleri ve şehrin yeniden düzenlenmesi için alınan yönetim kararları üzerinde yönlendirici rol oynamıştır.

Tarih boyunca İstanbul yangınlarının sebepleri incelenecek olunursa:

- “Ahşap yapı geleneğinin yanı sıra nüfus artışına bağlı olarak konutların giderek daha sıklaşarak inşa edilmeleri (Ergin, 1938) bu nedenle de yangının yayılma oranının artışı (Cezar, 2002),
- Yapı işlerinin nizamnamelere uygun olarak yürütülememesi,
- Çıkamaz sokakların çokluğu, sokakların darlığı,
- Şehir içerisinde yer alan kalafatçılar gibi çeşitli atölyelerin emniyetsiz koşullarda işletilmeleri,
- Yeniçerilerin sevmedikleri vezirler sadrazam olduklarında onu halkın gözünden düşürmek amacıyla kasti yangın çıkartmaları (Eyice, 2006),
- Tanzimat Dönemi ile başlayan modernizasyon sonucunda petrol, elektrik ve havagazının konutlarda kullanılmaya başlanması, yetersiz yangın söndürme koşulları ve su teminindeki güçlükler” (Ceylan, 2002),
- şeklinde sıralanabilir.

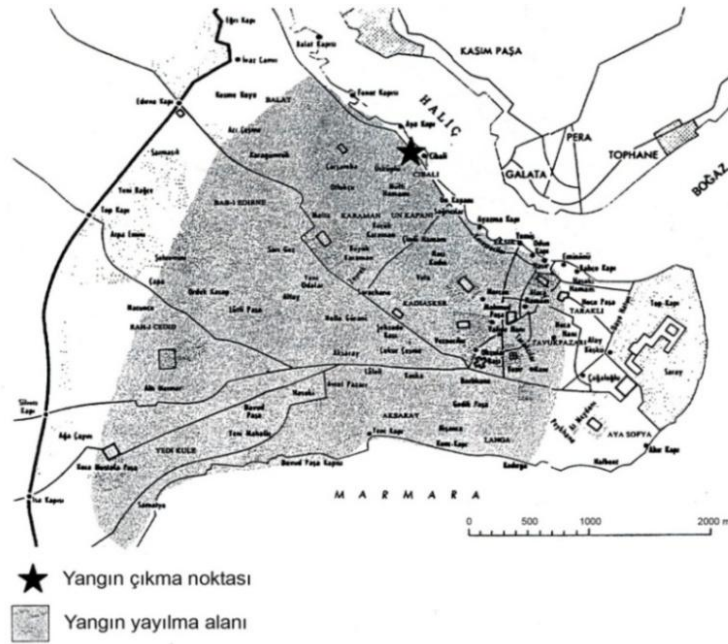
İstanbul yangınlarına ait bilgilere, Naima Tarihi, Âşıkpaşazade Tarihi, Selanikli Mustafa, Kâtip Çelebi, Hüseyin Ayvansarayî, Kömürçyan, Ahmet Refik, Osman Nuri Ergin gibi tarihçilerin ve devlet görevlilerinin yazdıkları çeşitli arşiv belgelerinin yanı sıra Tarih-i Âl-i Osman gibi Topkapı Sarayı Yazmaları, Başbakanlık Osmanlı Arşivi ve Belediye Arşivleri'ndeki bilgilerden erişilebilmiştir.

İstanbul'un fethinden 20. yüzyıl başına değin olan yangınlar, I. devre yangınları (1453-1853), II. devre yangınları (1853-1908) ve III. devre yangınları (1908-1921) şeklinde 3 devreye ayrılmıştır (Ceylan, 2003).

Bu devrelerde olan yangınlar incelenecek olursa:

### I. Devre Yangınları (1453-1853):

İstanbul'un fethi ile 19. yüzyılın ilk yarısını kapsayan bu dönemde İstanbul'da 400 yıllık süreç içerisinde 109 yangın çıkmış, Hocapaşa, Cibali (Şekil 2.15) (Ceylan, 2003) semtlerinin birkaç kez yanmasının yanı sıra Kapalıçarşı da üç kez yanmıştır. Yangınlar da genel olarak ahşap tekne yapımcıları, kalafatçılar, keresteciler, balmumcular, zeytinyağı ve sepetçiler gibi kolay alev alıp tutuşabilecek malzemelerle uğraşılan mesleklere ait dükkân ve imalathanelerde çıkmıştır.



Şekil 2.15 22 Ağustos 1782 Cibali Yangını yayılma alanı (Ceylan, 2003)

### II. Devre Yangınları (1853-1908):

19. yüzyılın ikinci yarısını kapsayan dönemdeki 129 yangından en büyük tahribat yapanları Hocapaşa'da (Şekil 2.16), (Ceylan, 2003) ve Beyoğlu'nda çıkan yangınlar olmuştur. Hocapaşa yangınında 2910, Beyoğlu yangınında ise 3000 bina yanmış; bu dönemde yıl başına düşen yangın sayısı 4.2 ve yanan bina sayısı 106 olmuştur.

Bu dönemde çıkan yangınların bir öncekine göre daha fazla olma nedeni savaşlarda kaybetmeye başlayan İmparatorluğa ait dış yerleşimlerden içeriye göçlerin artması sebebi ile oluşan nüfus artışı olduğu söylenebilir (Cezar, 2002).



Şekil 2.16 1865 İstanbul (Hocapaşa) Yangını yayılma alanı (Ceylan:83)

### III. Devre Yangınları (1908-1921):

İstanbul 1908 ve 1921 yılları arasındaki bu kısa dönemde 79 yangın görmüş ve bir harabe kente dönmüştür. 13 yıllık zaman diliminde 21579 bina zarar görmüş ve yıl başına düşen yangın sayısı 6.2, yangın başına düşen konut sayısı 268, yıl başına yanan konut sayısı 1630 olmuştur. Yalnız 1918 Cibali yangınında 7500 yapı yanmıştır (Ceylan, 2003), (Şekil 2.17).

Yabancı gezgin ve yazarların ifadelerinde yangın tasvirleri de depremler kadar önemli yer tutmaktadır. Örneğin: İtalyan yazar Edmondo de Amicis (1993) İstanbul seyahatinde kendisine anlatılanlara bağlı olarak 1870 Pera yangınına aktarırken:

“Beyoğlu'nun üçte ikisinin altı saat içerisinde yanıp harabolduğu, dokuz bin ev, iki bin ölü bulunduğu” bahsetmektedir.

Kendisinin tanık olduğu Galata'da çıkan bir küçük bir yangını teatral ve pitoresk bir görüntü olarak tanımlarken tulumbacılar ve yangın anında halkın vermiş olduğu



tepkuyu canlı bir biçimde anlatmıştır. De Amicis (1993), yangın ve İstanbul arasındaki ilişkiyi ise:

“Yangın kelimesi İstanbullular için hâlâ bütün musibetleri ifade eder ve “*Yangın var!*” narası daima, Tanrı'nın verdiği bir ceza gibi, bütün şehri iliklerine kadar titreten, korkunç, resmi, meşum bir naradır. Koca payitaht Avrupa medeniyeti Dolmabahçe sarayı hümayununun üzerine sancağını çekmeden önce kim bilir kaç defa yanacak ve küllerinin arasından yeniden doğacak!”, şeklinde betimler.



Şekil 2.17 Sultanselim Çırağı Hamza Mahallesi Yangını 13 Haziran 1918 (Ceylan, 2003)

Yangınlara karşı alınan başlıca önlemlerden biri de Bölüm 2.3.' te anlatılmış olduğu üzere şehrin grildi bir plâna sahip daha genişletilmiş yol ve sokaklara sahip olacak şekilde yeniden plânlanmasının yanı sıra konutlarda yangın esnasında kullanılacak suyun sürekli olarak bulundurulması gibi bir zorunluluk getirilmesi olmuştur. Fakat evlerde fiçılar içince bulundurulan sular da yangınlarda yetersiz kalmışlar bu nedenle de büyük havuzlar inşa edilmesi yoluna gidilmiştir. 1720'de yangın söndürme tulumasını icat eden ve sonradan Müslüman olmuş bir Fransız Mühendisi Gerçek Davud Ağa Tulumbacılar Ocağı'nın başına getirilmiştir (Cezar, 2002). 1826' ya değin yeniçerilik teşkilatına bağlı olarak çalışan Tulumbacılar Ocağı, 1827' de Bâb-ı Seraskeriye' ye (Milli Savunma Bakanlığı) ve daha sonra 1845' te Zaptiye Müşirliği'ne (Polis Kuvvetleri) bağlanmış ve 1868' den sonra belediyeler de

yangın söndürme konusu ile ilgilenmeye başlamışlardır (Cezar, 2002). 18. Yüzyıl sonunda resmi tulumbacılık örgütlerinin yanı sıra bir de mahalle tulumbacılığı örgütleri vardır ki bunlar da belediyelerde yangın söndürme konusundaki teknik gelişmeler sonucunda zaman içerisinde yok olmuşlardır.

#### **2.4. Yangın ve Depremlere Bağlı Olarak Oluşturulan İmar Düzenlemeleri İle Ortaya Çıkan Ahşap Yapı Karakteri**

Yangın ve depremlere bağlı felaketlerin sürekli şehrin yapısını değiştirmesi bunun tamirinin yönetim ve halk için çok büyük bir maliyet ortaya çıkarması nedeniyle, yönetim tarafından zaman içerisinde pek çok genelge ve yapı kuralı (şartname ve nizamnameler) yayınlanmıştır.

İlk olarak padişah hükümleri (kanunlar) ile kaymakam, kadı ve mimarbaşı gibi yöneticilere iletilen bu kurallar daha sonra ebniye nizamnameleri (bina yapma kanunları -günümüzün şartnameleri-) ile düzenlenme yoluna gidilmiştir. Bu düzenlemelerle tarihsel süreçte depremlere bağlı olarak ahşap yapı, yangınlardan sonra da kârgir yapı inşasının zorunlu kılınmış olduğu görülmektedir.

Depremlere bağlı olarak ahşap yapı yapma zorunluluğu ilk kez kıyamet-i suğra (küçük kıyamet) olarak adlandırılan ve İstanbul'un neredeyse tamamını yıkan 1509 depreminden sonra Padişah II. Bayezid tarafından fermanla bildirilmiştir. 1648 depreminde kârgir yapılardaki hasar düzeyinin çok yüksek olması nedeniyle halkta da konutlarını ahşaptan yapma isteğinin olduğu belirtilmiştir (Eyice, 2006). Bu doğrultuda kentin ahşap ev ve konaklarla inşasından sonra oluşan yangınlara karşı önlem olarak pek çok resmi karar alınmıştır. Bu kararlar 19. yüzyılda Osmanlı Devletinin batıya açılma isteğine bağlı olarak kentsel plânlama ve yeniden yapılanma çalışmalarını getirmiştir. Yangınları önlemek için alınan kararlara örnek olarak:

- Hicri 23 Ramazan 966 / Miladi 29 Haziran 1559 tarihli padişah hükmünde: "hisarlara dayalı ev yapılmaması, yangın halinde ateşin duvarlara ulaşmaması için, bina ile hisar arasında 4 arşın (yaklaşık 3 metre) mesafe yola bırakılması, ayrıca evlerin saçaklı yapılmaması, saçakların ise tuğladan kirpi saçak olarak inşa ettirilmeleri" söylenmiştir. Aynı yasaklar dükkânlar için de geçerli olup hem ev hem de dükkânların izin verilen kotlardan daha yüksek olmaması, hisara çok yakın yerlere ahşap malzeme depolanmaması istenmiştir (Refik, 1988).
- Hicri 20 Zilkade 975 (1567) tarihinde İstanbul kadısına hükmünde Hassa Mimarlarının başı Sinan'a yol üzerine çıkma, çardak ve dükkânlar yapılarak

yolun daraltılmamasına dair verilen emrin tekrarı söz konusu olmuştur (Refik, 1988).

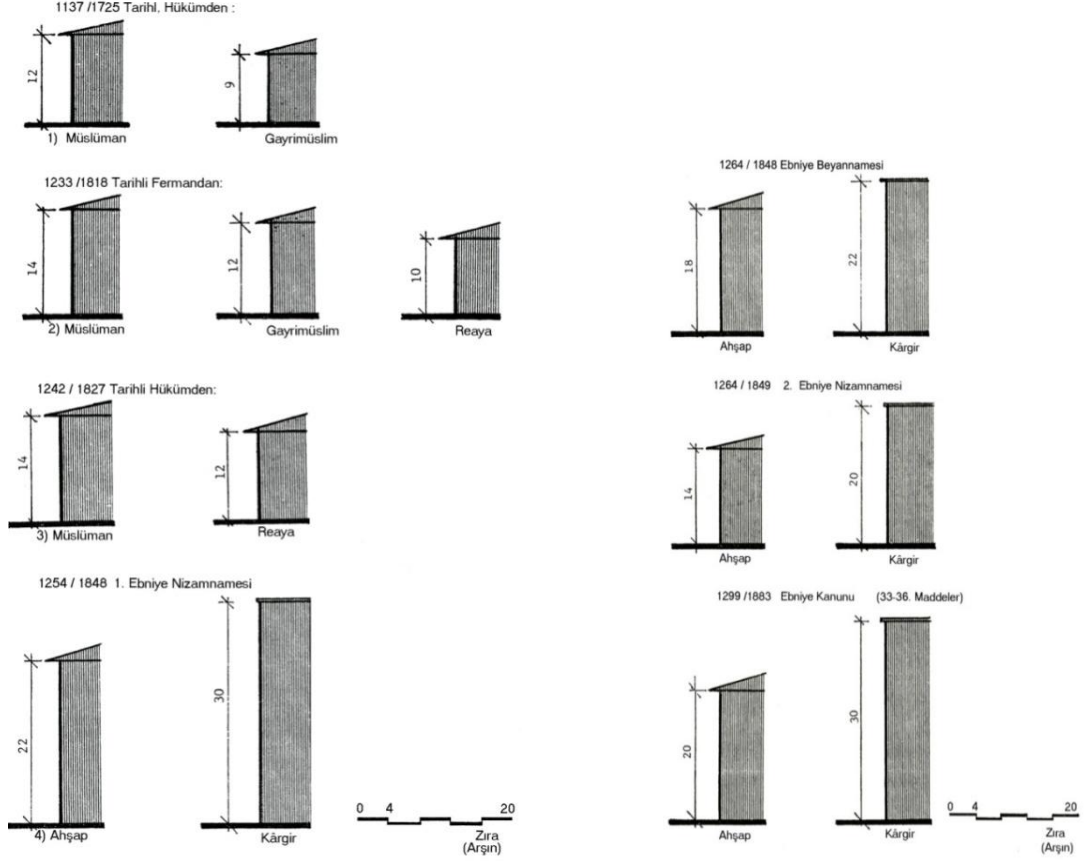
Yangına karşı önlem olarak 13 Muharrem 980 (1572) tarihli hükümde herkesin kendi evi yüksekliğinde bir merdiven yaptırması ve büyük bir fıçıda su bulundurması, yangın sırasında yeniçerilerle birlikte bu merdivenlere tırmanarak su ile ateş, söndürmeye çalışmaları ve kaçmamaları istenmiştir (Refik, 1988). 17 Safer 980 (1572) tarihli hükümde ise, Hassa Mimarlarının başı Sinan'a işinin ehli olmayan mimarlar tarafından inşa edilen binaların ocaklarının tutuşup yangın çıkmasına sebep olduğu bu nedenle eline arşın alıp mimarlık yapan her kişiye izin verilmemesi gerektiği bildirilmiştir (Refik, 1988).

- Hicri 1107/ Miladi 1696 tarihinde padişah fermanı ile Kaymakam Osman Paşa'ya İstanbul ve merkezine bağlı yerler için ahşap kullanılarak yapılan binaların yangınla defalarca harab olmasından dolayı yanmaya eğilimi bulunan ecza (kimyasal madde) depoları ile evler ve dükkânların inşasına izninin bulunmadığı; Halep, Şam ve Anadolu'daki binalarda olduğu gibi taş, kireç ve çamur ile inşaat yapılması ve bu binaların kişilerin maddi durumlarına göre müstakil ve kirpi saçaklı olarak inşa edilmeleri bildirilmiştir (Refik, 1988).
- 1703 tarihli hükümde (kanun) İstanbul evleri ve dükkânlarının kârgir olarak inşa edilmesi gerektiği üzere padişah fermanı bulunmasına karşın için halka kiremit, tuğla ve kireci sağlayacak olan kireç fırınları, tuğla ve kiremithanelerin terk edilmiş olduğu, bunların derhal yenilenecek hale getirilmesi istenmiştir (Refik, 1988).

Yukarıda sıralanan örneklerde izlenilebileceği üzere, yangınların engellenmesi için 1839'da Prusyalı (Alman) bir general olan Helmut von Moltke'nin mühendislik esaslarına uygun plânlama çalışmalarına bağlı kalınarak ilk kez 1848'de bir kent düzenlemesi ve bina yapım yönetmeliği hazırlanmıştır. Bu yönetmeliğe göre kentsel yapı, birbirini dik kesen yollardan oluşmuş bir dokuya dönüştürülürken, yol genişlikleri, bina yükseklikleri ve kullanılması istenilen yapı malzemelerine belirli kurallar getirilmeye başlanılmıştır.

Osmanlı Devletinin Batılılaşma döneminde kentin de modernleştirilmesi için yürürlüğe konulan kanunlar: 1848 Ebniye (Binalar) Nizamnamesi, 1858 Sokaklara Dair Nizamname, 1863 Turuk (Yollar) ve Ebniye Nizamnamesi, 1875 İstanbul ve Belde-i Selâsede Yapılacak Ebniyenin Suret-i İnşaiyesine dair Nizamname, 1882 Ebniye Kanunu olmuştur (Çelik, 1998).

Genel olarak birbirinin tekrarı olan bu kanunlarla, şehircilik ve yapı inşa kurallarının yanı sıra Müslümanlara ve gayrimüslimlere ait konutların yükseklikleri de belirlenmiştir. Şekil 2.18’ de Serim Denel’ in yorumu ile biçimlendirilmiş olan 1725 tarihli hüküm, 1818 tarihli ferman 1827 tarihli hüküm ve 1848 tarihli ebniye nizamnamelerine göre belirlenmiş olan konut yükseklikleri izlenebilmektedir. Aynı şekilde yapıların ahşap veya kârgir oluşlarına göre yükseklikleri de bu hüküm ve nizamnameler ile belirlenmekteydi (Şekil 2.19).



Şekil 2.18 Ebniye Nizamnameleri ile belirlenen yapı yükseklikleri (Denel,1982)

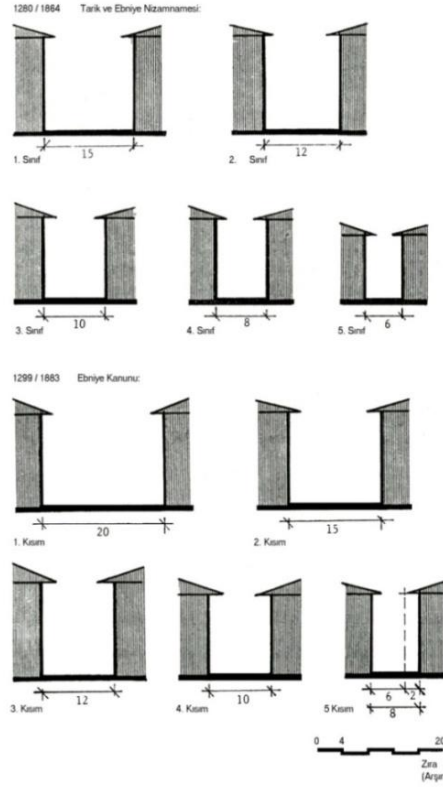
Şekil 2.19 Ebniye Nizamnamelerinde malzemelerine göre yapı yükseklikleri (Denel, 1982 )

Yangınlarla sürekli yıkılan, yok olan ve kısa zamanda plânsız bir biçimde yeniden oluşturulan kent dokusunun düzenlenmesi amacı ile, özellikle 1865 Hocapaşa yangınından sonra Bab-ı Âli tarafından Islahat-ı Turuk Komisyonu (Yolların Düzenlenmesi Kurulu) oluşturulmuştur. 1882 Ebniye Kanunu'na göre, yangında en az on binanın yok olması yangın yerinin “tarla” kabul edilerek yeniden plânlanmasını gerektiriyordu (Çelik, 1998). Bu nedenle yangınlar bir anlamda şehrin yenilenmesi ve modernizasyonu için bir fırsat olarak görülüyor, bu şekilde yollar genişliklerine göre sınıflandırılıyordu. Şekil 2.20’ de 1864 Tarik ve Ebniye Nizamnamesi ve 1883 Ebniye Kanunu'na göre bırakılması gerekli yol genişlikleri görülmektedir.

Yapı yüksekliklerinin yanı sıra cumba ve saçak çıkmalarının genişlikleri de kanunların izin verdiği kadar olmalıydı. 1864 Tarik ve Ebniye Nizamnamesine göre (Denel, 1982) cumba ve üzeri kapalı balkonlar zemin kat sınırından binanın kenarında bulunduğu yol sınıfı ve genişliğine göre çıkabilecekti. Buna göre çıkma genişlikleri:

Meydan ve rıhtımlarda: 1 arşın <sup>3</sup> + 18 parmak <sup>4</sup>	= 1.326 m
12 arşın (9.09 m) ve daha geniş yollarda: 1 arşın + 12 parmak	= 1.136 m
10 arşın (7.58 m) ortalama genişlikte yollarda: 1 arşın + 6 parmak	= 0.947 m
8 arşın (6.06 m) olan yollarda: 1 arşın + 0 parmak	= 0.757 m
6 arşın (4.54 m) olan yollarda: 0 arşın + 18 parmak	= 0.568 m

olabilecekti (Denel,1982).



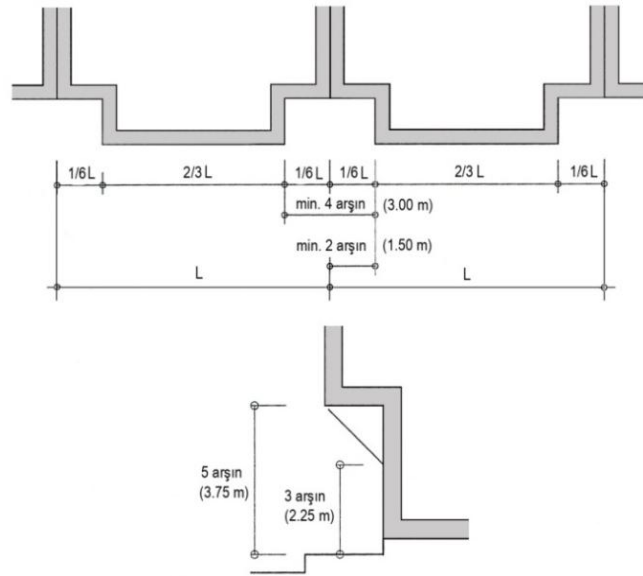
Şekil 2.20 Tarik ve Ebniye Nizamnamelerine göre bırakılması gerekli yol genişlikleri (Denel, 1982)

Çıkmaların ve balkonların zeminden yükseklikleri ise aynı kanunun 16. Maddesine göre zeminden 5 arşın ( $\approx 3.78$  m) ve bu çıkmaları taşıyan eğri ve benzeri taşıyıcının alt kotu ile zemin arasında 3 arşın ( $\approx 2.27$  m) yükseklik farkı bulunmalıydı. Bu maddeye göre bir binanın çıkma genişliği bina genişliğinin 2/3'ünü geçmemeli,

<sup>3</sup> 1 arşın (zira)= 0.757738 metre

<sup>4</sup> 1 parmak=1/24 zira (arşın)= 0.031572 metre

birbirine komşu iki çıkma arasında 4 arşın ( $\approx 3.03$  m) mesafe bırakılmalı, bir konutun çıkması komşu konutun bina sınırından en az 2 arşın ( $\approx 1.51$  m) olmalıydı (Denel, 1982), (Şekil 2.21).



Şekil 2.21 1864 Tarık ve Ebniye Nizamnamesine göre izin verilen çıkma ölçüleri (Ceylan, 2003)

#### 2.4.1. Mimari Özellikler

Sedad Hakkı Eldem, Türk evinin en karakteristik anlatımını bulduğunu belirttiği iki merkezden biri Edirne diğeri İstanbul şehirleridir (Eldem, 1984). Tezin inceleme konusunu oluşturan 19. yüzyıl İstanbul ahşap karkas konutları, kentsel yapı açısından yoğun göçlerle giderek sıkışan merkez yerleşimi içerisinde bağımsız evlerden sıra ev düzenine dönüşmüşlerdir. Merkez dışında ise Boğaz, Adalar ve Anadolu yakası iç kısımlarında Avrupa akımları etkisindeki cepheleriyle (ampir, neo klasik, barok ve rokoko ve eklektisist) büyük bahçeleri olan görkemli konutlar yer almıştır (Yonat, 1986). Strüktürel açıdan ise yaygın olan taşıyıcı sistem, boşluklu karkas yapıdır. Bir kârgir yarı bodrum katları bulunan yapılar genellikle 2 veya üç katlı olup cepheleri ahşap kaplamalıdır. Bu tip, İstanbul dışında, Rumeli bölgesinde, Çatalca, Büyük Çekmece, Celaliye, Silivri, Tekirdağ, Kırklareli ve Edirne'de belli yapısal sistem değişiklikleriyle gelişim göstermiştir.

##### 2.4.1.1. Plân Özellikleri

Sedad Hakkı Eldem'e göre Türk evi plân tipleri, yer aldıkları bölgelere göre sofasız, dış sofalı, iç sofalı ve orta sofalı olarak sınıflandırılmışlardır. Türk evinin ana unsuru, yaşamın geçtiği, yemek yenilen, uyunulan ve yıkanılan bölüm olan odadır. Sofa ise odaların açıldığı, evin hareket merkezi ve aynı zamanda toplantı ve eğlence alanı olan bölümdür. Ev plânları, içlerinde eyvan ve köşklerin yer almasına göre eyvanlı,

köşklü ve hem eyvan hem de köşk bulduranlar için de eyvanlı ve köşklü olarak sınıflandırmaya dâhil edilmişlerdir (Çizelge 2.3). Merdiven ise, dış sofalı evlerde genellikle odaların dışında ve sofanın içinde yer alırken, iç ve orta sofalı evlerde odalar arasında ve kendisine ayrılmış özel alanda yer almaktadır. 19. yüzyıl sonlarına doğru merdiven sofası etrafında galerileri ile ve tavandan ışık alan bir şekilde tasarlanmışlardır (Eldem, 1984).

Çizelge 2.3 Sedad Hakkı Eldem'e göre plân tipleri (Sezgin, 2001)

GELENEKSEL KONUT PLAN TIPLERİ (Sedad Hakkı Eldem'e göre)				
Eyvanlız				Eyvanlız
Eyvanlı				Eyvanlı
Köşk odalı				Köşk odalı
Köşk odalı ve eyvanlı				Köşk odalı ve eyvanlı
	SOFASIZ PLAN TIPI	DIŞ SOFALI PLAN TIPI	İÇ SOFALI PLAN TIPI	ORTA SOFALI PLAN TIPI

İstanbul ve çevresinde, Çizelge 2.4' te izlenebileceği gibi 19. yüzyıl başına değin dış sofalı konutlar görülebilmekle birlikte, 19. yüzyıldan sonra iç sofalı ve orta sofalı konutlar inşa edilmeye başlanılmıştır. Bunun nedenleri de yine göçlerle artan nüfusla bitlikte sıkışan kent plânı, Avrupa'ya açılma, sanayi devrimi ile değişen yaşam biçimlerinin Osmanlı yaşam biçimine etkilerine bağlı olarak geleneksel yaşam koşullarının da değişmesi ve ebniye nizamnameleri ile geliştirilen yeni plân tiplerine bağlanılabilir.

Çizelge 2.4 Zaman ve yöre faktörüne bağlı olarak Türk Evi dağılım şeması (Sezgin, 2002)

	XVII. yy. ONCESİ	XVII. yy.	XVIII. yy.	XIX. yy.	XIX. yy. SONRASI	
SOFASIZ (avlulu)						GÜNEY, DOĞU ve GÜNEYDOĞU ANADOLU
DIŞ SOFALI						GÜNEY, BATI GÜNEYBATI ve ORTA ANADOLU İSTANBUL, MARMARA ve BALKANLAR YÖRESİ
İÇ SOFALI						ORTA ve BATI ANADOLU İSTANBUL, MARMARA ve BALKANLAR YÖRESİ
ORTA SOFALI						MARMARA, BALKANLAR ve YAKIN ÇEVRESİ İSTANBUL

Anadolu  
 İstanbul ve yakın çevresi

19. yüzyıl ortalarına değin ev plânlarında eğrisel Barok etki izlenebilmiştir. Sofaya açılan kapıların bulunduğu pahlı yüzeyler eğrisel bir yüzeye dönüştürülmüş, sofalar ovalleştirilmiştir. Çizelge 2.5' te Eldem'in Türk Evi plân tiplerine bağlı sınıflandırmasının çeşitli ev plânları ile yorumu izlenebilir. İstanbul'un yüksek yaşama zevkinin bir ifadesi olan bu yapı tipi her zaman olduğu gibi taşra ve Rumeli'deki yapılar için bir örnek oluşturmuştur (Eldem, 1984).

Çizelge 2.5 Çeşitli konut örneklerinde plân tipleri (Eldem, 1968, 1984), (Yorum: Dışkaya)

DIŞ SOFASIZ	DIŞ SOFALI	İÇ SOFALI (KARNİYARIK)	ORTA SOFALI
a	e		
b	f	k	
	g	l	o
	h	m	ö
c	ı	n	p
d	ı		r

a. Gaziantep Müfit Efendi Evi, (Eldem, 1968), b. Gaziantep Bahtiyar Saffet Evi, (Eldem, 1968), c. Antakya Çinçin Hikmet Evi, (Eldem, 1984), d. Antakya Ahmet Kavukçu Evi, (Eldem, 1984), e. Dış sofalı sıra odalı ideal plân, Eldem, 1968), f. Mudanya Halil Ağa Evi, (Eldem, 1984), g. Üç taraflı odalı dış sofalı ideal plân, (Eldem, 1968), h. Köşe sofalı iki oda sıralı ideal plân (Eldem, 1968), ı. Kula Sofular Evi, (Eldem, 1968), i. Urfa Hacı Kâmil Evi, (Eldem, 1984), k. Bir yüzlü iç sofalı ideal plân tipi, (Eldem, 1968), l. İki yüzlü iç sofalı ideal plân tipi, (Eldem, 1968), m. İki yüzlü iç sofalı ideal plân tipi, (Eldem, 1968), n. İki yüzlü iç sofalı eyvanlı ideal plân tipi, (Eldem, 1968), o. Dört köşe sofalı ev plânına ait ideal tip, (Eldem, 1968), ö. Pahlı sofalı ev plânına ait ideal tip, (Eldem, 1968), p. Oval sofalı ev plânına ait ideal tip, (Eldem, 1968), r. Çengelköy Köçeoğlu Köşkü, (Eldem, 1968)

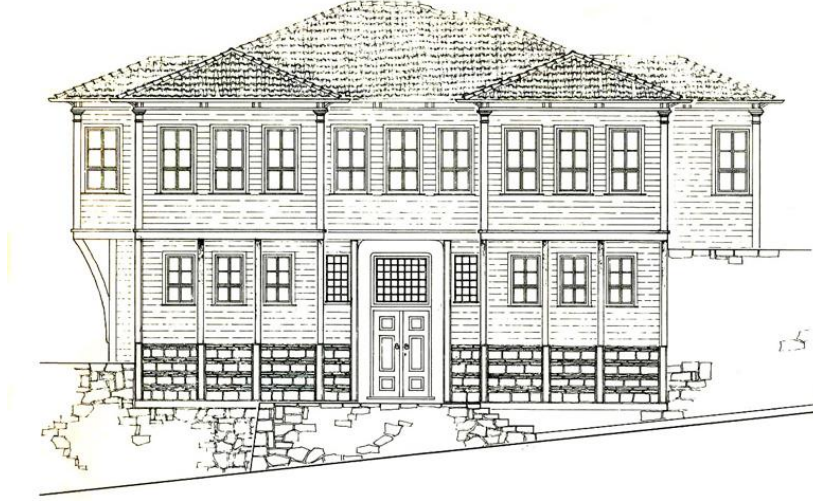


Bu döneme değgin en önemli plân özelliklerinden biri de eğri sokaklardaki düzgün olmayan parsellerde alt kat plânlarındaki eğriliğin üst katlardaki çıkmalarla düzeltilmesidir (Eldem, 1984).

Barok etkisindeki eğrisel çizgilerin hâkim olduğu plânları ve bezemeleri ile orta sofalı konutlar, 19. yüzyılın ikinci yarısından sonra yerini plânda sadeleşmeye ve iç sofalı konutlara bırakmaya başlamıştır. Plândaki tüm hareketlerin cephede de okunabilir olması bu döneme ait bir özelliktir.

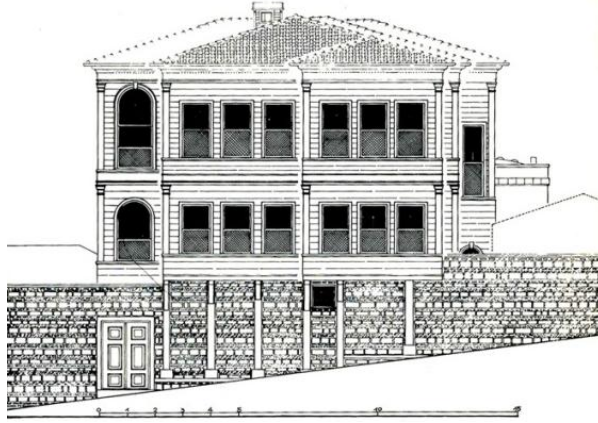
#### 2.4.1.2. Cephe Özellikleri

Eldem'e göre Türk Evi'nin tarihsel gelişiminin son devri 19. yüzyılın tamamını kapsamaktadır. 18. yüzyıl sonlarında başlayan Ampir üslubu 19. yüzyıl ortalarına değin etkisini sürdürmüştür.

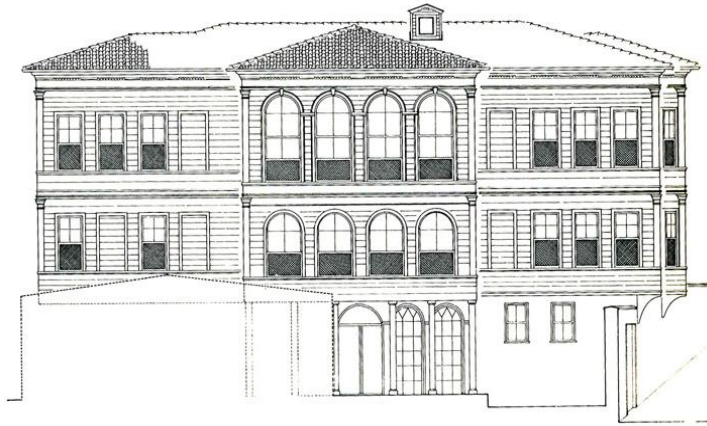


Şekil 2.22 Kasımpaşa'da Neo Klâsik Ampir Üsluplar etkisinde ev (Eldem, s.276)

19. yüzyılın ortalarında üslup baroklaşmış, son çeyreğinde ise mimaride sadeliğe gidilmeye başlanılmıştır. Bu sadelikte savaşlarda sürekli toprak kaybeden Osmanlı Devleti'nin fakirleşmesinin etkisi olduğu söylenebilir. Bu yüzyılda en çok hissedilen mimari üslup Ampir olmakla birlikte son dönemlere doğru giderek hafiflemiş olarak Neo Klasik (Toskan-Dorik) üslup unsurları konutlarda her zaman kullanılmıştır (Eldem,1984), (Şekil 2.22). Bütün bu dönemsel etkilere karşılık saray çevrelerinde halk mimarisini de etkileyecek olan eklektisist denemelerle karşılaşmıştır (Şekil 2.23, Şekil 2.24).



Şekil 2.23 Serencebey’de Ampir, Neo Klasik, Barok Üslupların etkisinde Eklektisist bir konut (Eldem, 1984)



Şekil 2.24 Serencebey’ de Ampir, Neo Klasik, Barok Üslupların etkisinde Eklektisist bir konut (Eldem, 1984)



Şekil 2.25 Bağlarbaşı Selamsız’da Ampir üslubunda konut (Eldem, 1984)

Bu dönem cephelerinin en önemli mimari elemanları dizi şeklinde sıralanan pencerelerdir. Yaşam biçimlerinin modernleşmesine bağlı olarak oturma düzenleri de değişmiş pencere parapetleri 60-70 cm’ye yükseltilmiştir, Şekil 2.25. Sofa pencereleri de oldukça yükseltilmiş, genel olarak pencere kenarları pervazlarla

çevrilmiştir, ahşap kaplamalı yüzeylerde köşe birleşimleri bir bitirme elemanı olarak yine pervazlar ve Toskan stili pilastrlarla kaplanmıştır.

Aynı şekilde, 18. yüzyıl sonu ve 19. yüzyıl başına değin devam eden yapı cephesinin bağdadi sıvanması da yerini ahşap kaplamaya bırakmış (Eldem, 1984), saçak çıkmaları azalmış, cumba furuşları ahşap kaplama ile volütlü konsollara dönüştürülmüş, pencere kapakları yerlerini ahşap kafeslere daha sonra da ahşap panjurlara bırakmışlardır (Eldem, 1984) (Şekil 2.26, Resim 2.1).



Şekil 2.26 Ostrorog Yalısı Kandilli (Eldem, 1984)



Resim 2.1 Ostrorog Yalısı (Fotograf: Dışkaya)

19. yüzyılın sonunda Göztepe, Erenköy gibi sayfiyelerde ortaya çıkan ve Edirne, İzmir, Trabzon ve Bursa gibi şehirlerin sayfiye konutlarını da etkileyen ve Erenköy tipi olarak adlandırılan konutlarda frontonlu cepheler tamamen dekupaj işçiliği ile süslenmiştir ve Eldem'in deyimi ile "İsviçre şaleleri, İngiliz sayfiye evleri tarzı ile Türk evi karışımından yeni bir ev tipi" ortaya çıkmıştır (Eldem, 1984) (Resim 2.2, Resim 2.3). Avrupa'da 19. yüzyılda ortaya çıkmış olan "Art Nouveau" akımı da İstanbul evlerinde yüzyıl sonunda ve XX. yüzyıl başında etkili olmuştur.



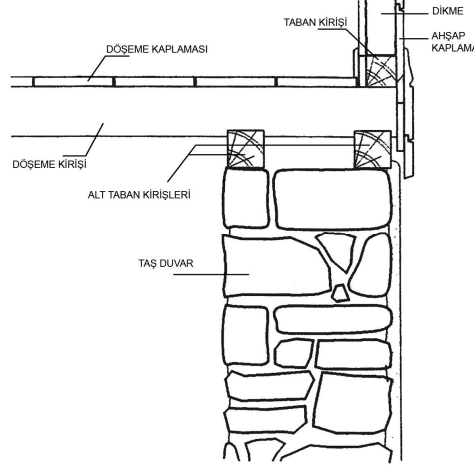
Resim 2.2 Boğaz'da Eklektisist Üslupta Yalı (Fotograf: Dışkaya)



Resim 2.3 Boğaz Rumeli Yakasında Eklektisist Üslupta Yalıları (Fotograf: Dışkaya)

## 2.4.2 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

İstanbul ve çevresine ait ahşap yapı sistemi boşluklu iskelet sistemdir (Dışkaya, 2004). Karkas sistem, zeminden yaklaşık 1-1,5 metre yükseltilmiş, üzerine bir alt taban kirişleri yatırılmış dış yüzleri temel duvarı hizasına gelecek şekilde kârgir bir temel veya bodrum kata oturmuştur (Şekil 2.27).

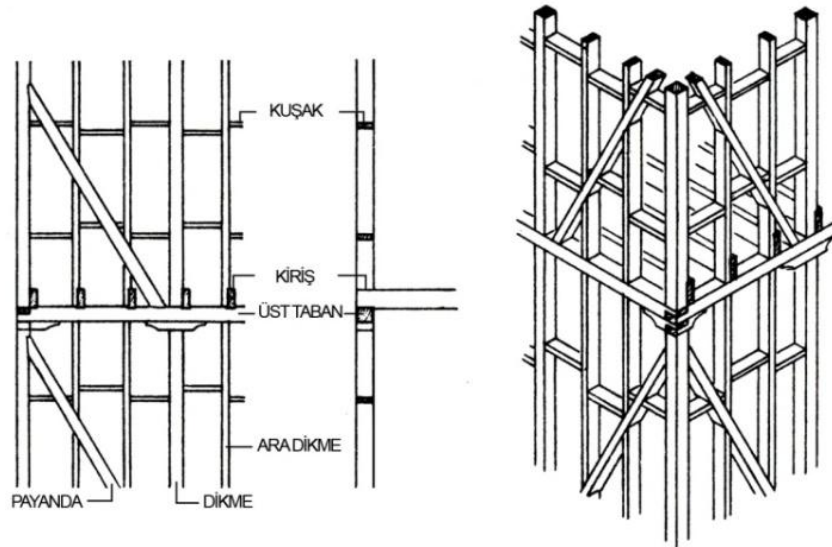


Şekil 2.27 Temel ve ahşap karkas birleşim detayı (Çobancaoğlu, 1998)

Yapıya etki eden yükler, yatay düşey ve diyagonal elemanlarla karşılanarak kârgir malzeme ile inşa edilmiş zemin, bodrum kat veya temel aracılığıyla zemine iletilirler.

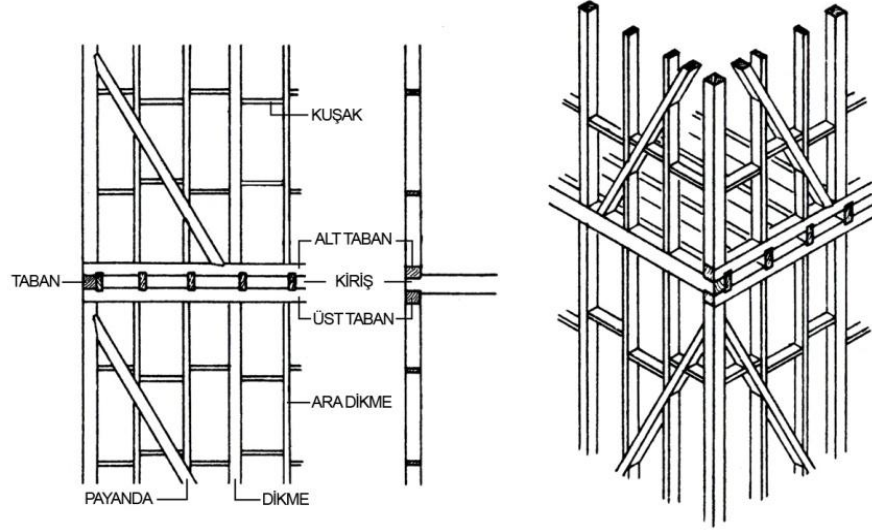
### Ahşap yapı taşıyıcı elemanlar:

- Yatay taşıyıcı elemanlar: Tabanlar, başlıklar, döşeme kirişleri dikme ara bağlantıları (kuşaklar);
- Düşey taşıyıcı elemanlar: Dikmeler ve ara dikmeler;
- Diyagonaller: Payandalar (Güngör, 1969), şeklinde sıralanabilirler.

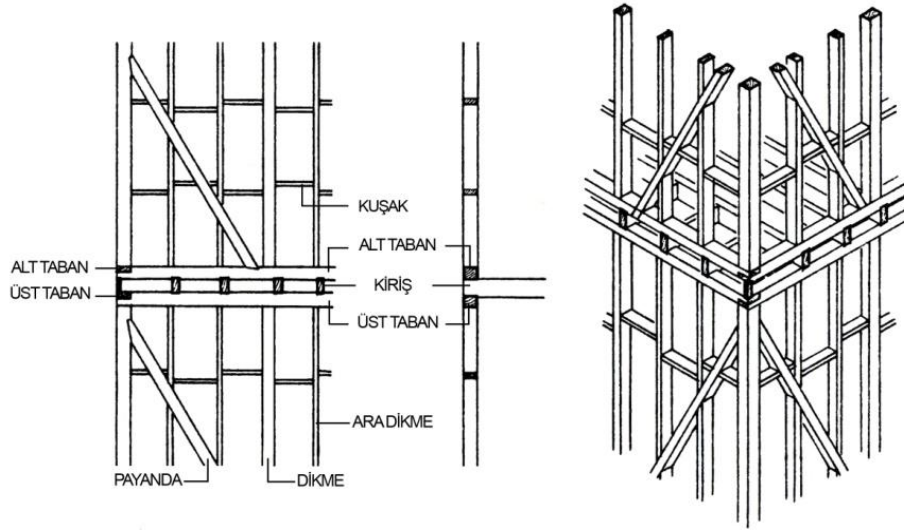


Şekil 2.28 İki yönde tek tabanlı ahşap karkas sistem (Eldem)

Bu yapılardaki karkas sistem yapılar dikmelerin oturduğu tabanların sayısına göre tek veya çift tabanlı olarak isim alırlar. Eğer yapının her iki yönünde de taban sayısı tek ise tek tabanlı (Şekil 2.28); bir yönde tek diğer yönde çift tabanlı (Şekil 2.39) ve her iki yönde çift tabanlı ahşap yapı olarak adlandırılırlar (Şekil 2.30) (Güngör, 1969) şeklinde üç sınıfta incelenebilirler.



Şekil 2.29 Bir yönde tek bir yönde çift tabanlı karkas sistem (Eldem)

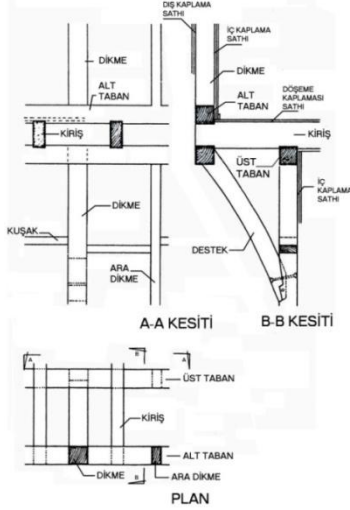


Şekil 2.30 İki yönde çift tabanlı ahşap karkas sistem (Eldem)

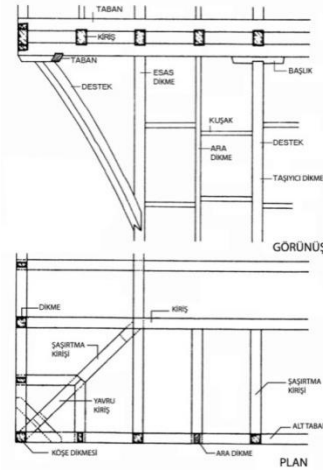
Kârgir sisteme oturtulmuş taban kirişleri köşelerde birbirlerine yarım bindirilmiş, tekil taşıyıcı olan dikmeler bu taban kirişleri üzerine 1-2 metre ara ile dikilmiştir. Dikmeler köşelerde veya ortada genellikle payandalarla desteklenmiştir (Eldem, 1984). Ana dikmelerin arasına 50-60 cm'de bir ara dikmeler yerleştirilmiştir. Ana dikmelerin üst kısımları, üst tabana değme yüzeylerinin genişletilmesi ve yükün dağıtılması

amacıyla başlıklarla genişletilmişlerdir. 1850' lere kadar çift tabanlı olarak yapılan karkas sistem bu tarihten sonra yerini tek tabanlı sisteme bırakmıştır.

Kirişler, kesitleri yapı cephesine dik gelecek şekilde tabanlara oturtulmakta, bunu sağlamak için bazen şaşırtma kirişleri kullanılmaktadır (Eldem, 1984) (Şekil 2.31). Çıkmalar yapı köşelerinde iki yönlü yapıldığı zaman köşe payandası biçimindeki desteğin üzerine oturan başlık iki yönde de alt tabanı destekler (Şekil 2.32).

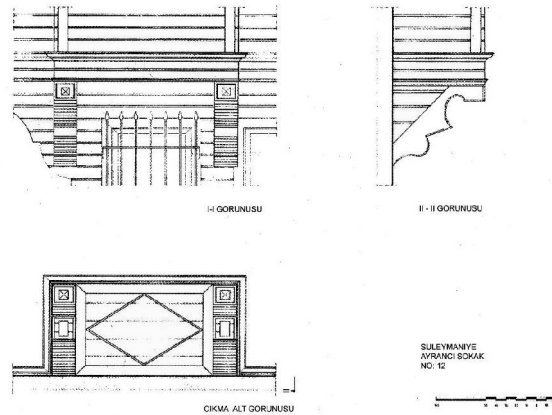


Şekil 2.31 Çift tabanlı ahşap karkas karkasstrüktürde çıkma detayı (Eldem)



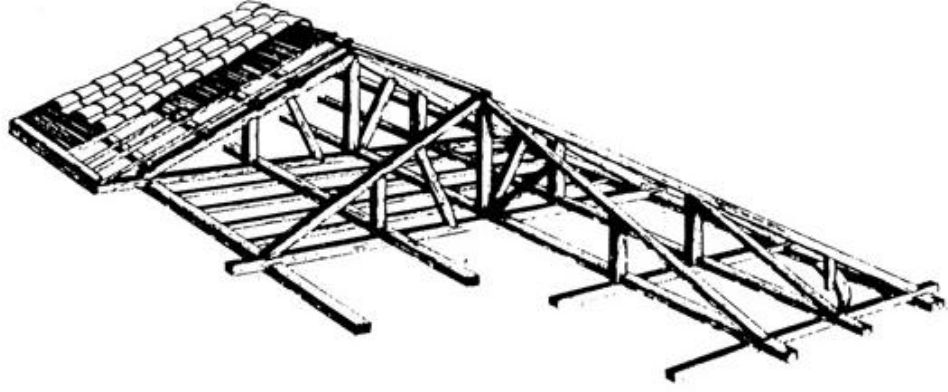
Şekil 2.32 Çift tabanlı ahşap strüktürde köşe çıkma detayı (Eldem)

Yapı yükseklikleri ebniye nizamnameleri ile belirlenmekle birlikte kat yükseklikleri 3,50 – 3.70 m olmuştur. Yapı çıkmaları payandalı, konsol, konsol kirişli ve bindirmeli olmakla birlikte, 18. yüzyıldan sonra çıkma kirişleri furuşlara oturtulmuş olan tabanlara bindirilmiş ve 19. yüzyılda eğrisel çıkma taşıyıcıları olan paraçol veya eliböğründe ismini alan eğrisel payandalar çitalar veya oymalı ahşap kaplamalarla kaplanarak çeşitli biçim ve formlarda üretilmişlerdir (Çobancaoğlu, 1998), (Şekil 2.33).



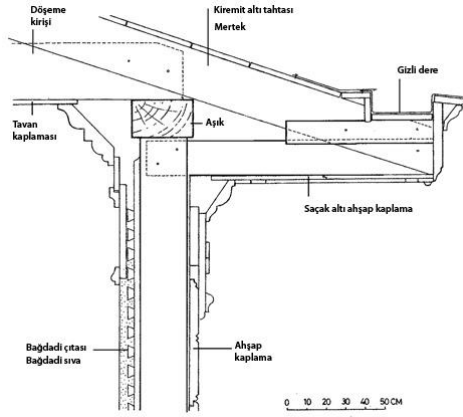
Şekil 2.33 İstanbul çıkması (Günay, 2002)

Çatı inşaatı oldukça basit ve genellikle kırma ve oturtma çatı olarak yapılmaktaydı. Çatı bağlamaları 1,5 – 2 – 2,5 m’ de bir atılmakta ve bunların üzerine 1,5 – 2 m aralıklarla aşıklar oturtulmaktaydı. Mahya kirişi doğrudan çatı dikmesi üzerine oturtulup; mertekler de 30 – 40 cm aralıklar ile aşıklar üzerine bindiriliyorlardı (Eldem, 1984), (Şekil 2.34).

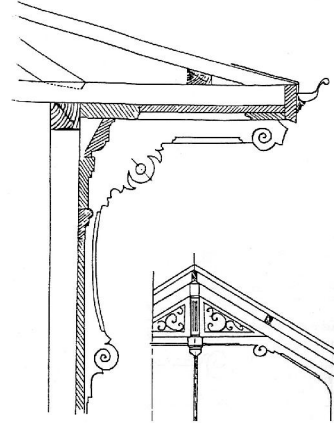


Şekil 2.34 Oturtma çatı kurgusu (Moutsopoulos)

Saçaklar genellikle merteklerin dışarıya uzatılması ile oluşturulmuştur. 19. yüzyıl çatılarında dereler çatı alınlıklarının arkasında saklı olarak yapılmaya başlanılmıştır (Şekil 2.35). Çatı örtüsünde alaturka ve Marsilya kiremit kullanılmıştır (Eldem). Marsilya kiremit 19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren Avrupa'dan ithal edilerek kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 2.35 Çürüksulu yalısı saçak detayı (Günay, 2002)

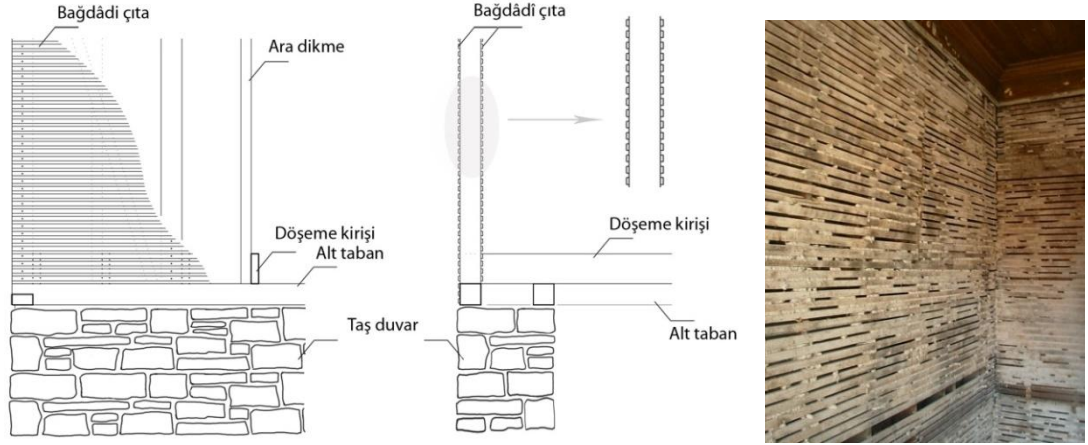


Şekil 2.36 Çatı saçak ve furuş detayı (Talât, 1923)

Cepheden yapılan çatı çıkma saçaklarının altı 19. yüzyılda kaplanmaya başlamış ve bu saçaklar süslü furuşlara taşıtılmıştır (Dışkaya, 2004), (Şekil 2.36). Duvarlar ise 19. yüzyıla değin kârgir malzeme ile dolguludur fakat bu yüzyıldan itibaren boşluklu ve bağdadi çitili sistemde inşa edilmişlerdir. Ahşap karkasta meydana getirilen boşlukla ahşabın hava alması ve uzun süre dayanımı sağlanmaktadır. Kimi zaman dolguludur ahşap duvarlarda da bağdâdi çita ve üzerine sıva uygulaması görülmüştür.



Barok dönem yapılarının eğri yüzeyli çıkmaları ve saçaklarının kolaylıkla uygulanması da bu yöntemle sağlanmıştır (Günay, 2002).

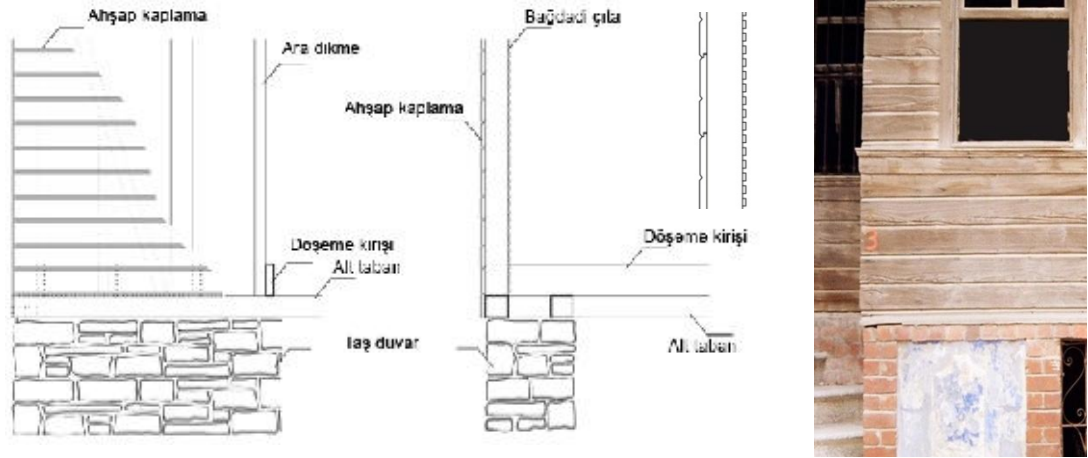


Şekil 2.37 Bağdâdî Çıtalı Duvar (Çizim : Dışkaya, H., Fotograf: Dışkaya, N.)

Kullanılan bağdâdî çitası ölçüleri 1-2 x 2 cm ve 1-2 x 3 cm'dir (Güngör, 1969), (Şekil 2.37). Bu çitaların düzgün bir şekilde belirli metrik ölçülerde olmayan keserle yontulmuş çeşitli ebattaki uygulamalarına da sıklıkla rastlanmaktadır (Günay, 2002), (Dışkaya, 2004).

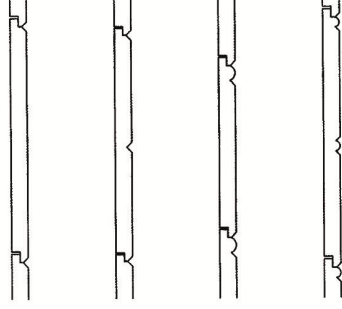
#### 2.4.2.1. Dış Kaplama Özellikleri

İstanbul'da 18. yüzyıl sonu ile 19. yüzyıl boyunca ahşap konutların dış duvar kurguları da boşluklu karkas sistemin içeride bağdâdî sıva dışarıda lambalı veya yalı baskısı ahşap ile kaplanması biçiminde yapılmıştır. Ahşap kaplama Marmara Bölgesi'nde öncelikle İstanbul ve Rumeli yörelerinde kullanılmıştır (Eldem, 1984). Kaplama yönü düşey ve yatay olmakla birlikte İstanbul'da genellikle yatay kaplama tercih edilmiştir (Güngör, 1969), (Şekil 2.38).

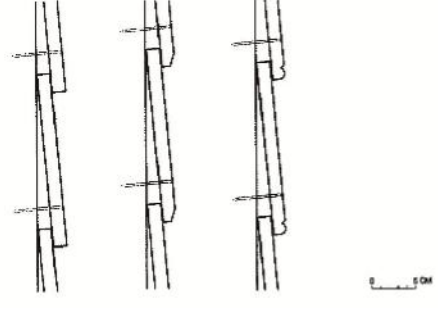


Şekil 2.38 Ahşap kaplamalı boşluklu duvar detayı (Çizim : Dışkaya, H., Fotograf: Dışkaya, N.)

Kaplamalarda kullanılan ahşap genel olarak çamdır (Günay, 2002). Zamana bağlı boyut değişiklikleri ve detay farklılıkları içermekle birlikte ahşap kaplamalar, geçmeli ve binili (Şekil 2.39, Şekil 2.40) olarak uygulanmışlardır (Dışkaya, 2004). Yatay kaplamaların detay olarak yağmurun yapı taşıyıcısına etki etmesine engel olduğu söylenebilir fakat bunun yanı sıra bir diyafram gibi yapıyı kaplayarak ve strüktüre çivilerle bağlanarak yapıyı deprem gibi yanıl kuvvetlere (Günay, 2002) karşı dirençli kazandırdığı da eklenebilir.



Şekil 2.39 Geçmeli ahşap kaplama



Şekil 2.40 Binili ahşap kaplama

Dış cephe ahşapları önceleri doğal boyalarla boyanırken 19. yüzyıl sonlarına doğru yağlı boya kullanılmaya başlanılmıştır (Eldem, 1987).

### 2.4.3. Malzeme Özellikleri

Geleneksel ahşap yapı strüktüründe kullanılan ağaç türleri genellikle yapıların bulunduğu bölgelerde yetişen ağaçlara göre belirlenmiştir. Örneğin İç Batı Anadolu'da ve İç Anadolu'da kavak, söğüt ve çam (Eriç, 1972) ağaçları kullanılırken, Karadeniz Bölgesinde, kestane, dişbudak ve çam ağacı, Marmara Bölgesi'nde meşe, kestane, kayın ve çam ağaçları strüktürel taşıyıcı elemanlarda kullanılmışlardır. İstanbul çevresinde yapısal olarak incelenen konutlarda ise genel olarak ana dikmelerde, tabanlarda ve payandalarda meşe gibi sert ve dayanıklı ağaç türlerinin, ikincil taşıyıcılar olan ara dikme ve döşeme kirişlerde ise çıralı veya çırasız çam ağacının kullanıldığı, eğer döşeme toprak üzerinde oluşturuluyorsa, neme karşı meşe veya kestane ağaçlarının kullanıldığı görülmüştür (Dışkaya, 2004). 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başında inşa edilen ahşap konutlar artık imparatorluğun savaşlarla fakir düştüğü bir döneme denk gelmeleri ve yangınlarla harap olan şehirde acilen yeni konut inşa edilmesi gereği nedeniyle meşe ağacı yerine kayın ve gürgen ağaçlarının kullanılmasının gündeme gelmiş olduğu da yine dönem yapılarında izlenmiştir. Doğrama, tavan, iç kaplamalar ve süsleme elemanlarında ise beyaz çam, meşe, ıhlamur, ceviz, sedir ve servi ağaçları kullanılmıştır (Eldem, 1987), (Dışkaya, 2004).

#### 2.4.3.1. Yapısal Ağaç Türleri

Geleneksel ahşap yapıların inşasında kullanılmış olan ağaçları taşıdıkları niteliklere göre farklı yerlerde kullanım biçimleri Mühendis Ali Talât Bey'in H.1341-M.1923 tarihli "Ahşap İnşaat" kitabında aşağıdaki gibi geçmektedir (Talât, 1923):

"Meşe: Ağacı gayet sert dokusu sıkı ve lifli olup dayanması da fevkalade olduğundan fazla kuvvete maruz bulunan bölümlerde kullanılması uygundur.

Rengi ise koyu sarımsı olup birçok çeşitleri vardır ki mümkün olmayan kullanımları da ona göre tayin eder. Örneğin: İyi cinsleri çoğunlukla doğrama gibi ince işlerde ve adi cinsleri de direk, taban, kiriş ve döşeme gibi adi bölümlerde kullanılır.

Kestane: Meşe gibi sert ise de lifleri onun kadar sıkı olmayıp eğilip bükülmeye de mukavemet edememektedir. Rengi beyaz, sarımsı olup enine kesitine bakılacak olursa meşelerde olduğu gibi merkeze doğru yönelen bir takım yarıklar görülemez. Bu ağaçlar büyük kesimler halinde hazırlanarak direk olarak kullanılıyor olsalar da meşe gibi yüksek mukavemetli değildir. Bununla beraber meşeye nazaran ucuz olduğu gibi işletmeleri kolay ve özellikle renginin güzelliğinden dolayı bazen doğramalarda ve çeşitli yapı elemanlarının üretiminde kullanılmaktadır.

Gürgen: Ağaçlarının renkleri açık sarı olup bazen parlak damarlara rastlanılmaktadır. Aletlerle kesimi nispeten kolay olduğu için doğramacılıkta ve ekseriyetle oymacılıkta kullanılır. İnce levha halinde kesildikleri zaman kolaylıkla bükülebildiklerinden kutular, saksılar ve buna benzer döndürülmüş bölümlerin üretiminde mümkün olduğu gibi inşasında tasarruf aranılan sıradan yapıların direk, taban benzeri kaba kısımlarında da kullanılması uygundur.

Dişbudak: Lifleri beyaz ve sarımsı damarları içeren bu ağaç oldukça dayanıklıdır. Bükülüp şekil alması mümkün olmakla beraber işlenmesi de oldukça güçtür. Ekseriyetle arabacılıkta ve bazen da dış kapılarda kullanıldığı gibi kolaylıkla çatlamadıkları için bazı araç ve gereçlerin saplarının yapımında da kullanılabilirler.

Karaağaç: Rengi kırmızı ve hemen dişbudak ağacına benzerliği bulunan iş bu ağaç da aynı maksatla kullanılmaktadır.

Kavak ağaçları: İnşaatta kullanılan ağaçların en adisi olmak üzere kabul edilir. İçerisinde bulunan kurtların ağacı yiyerek birtakım küçük delikler meydana getirmelerinin yanı sıra rutubetten çok etkilenirler. Hızla çürürler bu nedenle geçici bir zaman için yapılacak kısımların imalatından başka hususta kullanılması uygun görülmemektedir. Lifleri gayet muntazam ve rengi beyaz olup oldukça yumuşaktır, kolaylıkla çatlaklar oluşturur. Bununla beraber bir takım iyi cinsleri de vardır ki,

renginin beyaz ve temiz olması ve liflerinin düzenli oluşu özelliğiyle bollukla bulunduğu ülkelerde döşeme, tavan ve çerçevelerde kullanılmaya elverişlidir.

Ihlamur: Bu ağacın rengi beyaz veya kırmızımsı olup ağırlıkça hafif, lifleri ince ve muntazamdır. Her yönde işlenmesi kolay ve bükülmesi mümkündür. Bununla beraber o kadar dayanıklı olmadıklarından çoğu kez modelcilikte, oymacılıkta, kasa, dolap ve çekmece yapımında ve binaların merdiven, parmaklık ve küpeştelere bazen de kapı ve pencere doğramalarında kullanılmaktadır.

Kayın ağacı: Bu ağaç diğerlerine oranla oldukça yumuşaktır fakat kavak ağacına nazaran biraz daha iyidir. İnşaatta ise o kadar kullanılmaya elverişli değildir.

Çırasız çamlar: Esnek olmakla birlikte renkleri de beyaz olduğundan döşeme, tavan ve bütün iç kısımlarda kullanılmaktadır. Çam ağaçları cinsleri gereği boyları uzun olduğundan büyük parçalar halinde kesilerek direk, büyük kiriş ve özellikle temellerde kazık olarak sıklıkla kullanılır.

Çıralı çamlar: Bunlarda çırasız çamlar gibi esnek olup lifleri sıkıdır ve renkleri de bazen sarıya, çoğunlukla kırmızıya çalar. İçlerinde bulunan çıra ağaca oldukça dayanıklılık verir ve dış tesirlerden çırasız çamlar kadar etkilenmediklerinden dış kısımlarda örneğin kaplamalar, dış kapılarla pencerelerde, bölümlerin bezenmesinde kullanılmaya değer.

Ceviz: Oldukça değerli olan bu ağaç istenilen çapta bulunabilip lifleri ince ve sıkı ve oldukça dayanıklı olmakla beraber her yönde de kolaylıkla kesilebilir bir ağaçtır. Rengi esmer ve oldukça koyudur. Fakat kıvrılıp bükülmesi mümkün değildir. Bu nedenle çoklukla modelcilik ve oymacılıkta, özellikle bölümlerin bezenmesinde ve bazen de parke ve döşemelerde, iç merdivenlerde kullanılmaktadır.

Maun: Ağacı çoğunlukla Hindistan ve Orta Amerika'da bulunur, rengi esmerimsi kırmızı veya sarı olup pahalı bir ağaç olduğundan, çoğunlukla dolap, masa veya parkeler ile kaplamalarda kullanılmaktadır.”

#### 2.4.3.2. Yapısal Ahşap Boyutları

Geleneksel yapılarda kullanılan ahşaplar, 19. Yüzyıl ortalarına kadar yüksek kalitede olmakla birlikte, orman endüstrisinin ve kaliteli ağaç yetiştirilme işinin gelenekselleşememesi, yukarıda belirtilmiş olduğu üzere ülkenin girdiği savaşlarda sürekli kayıplar vermesi ve sürekli çıkan yangınlar nedeniyle boyut kayıplarına uğramıştır. Daha önce 30x30 cm ve 20x20 cm boyutlarında kullanılabilen ana taşıyıcılara bu dönemden sonra daha zor rastlanılmıştır (Eldem, 2007). Döşeme kaplamaları, 4-6 cm kalınlığında kullanılmış, bunların genişliği 80 cm boyu 14 m' ye varan örneklerine rastlanmıştır (Eldem, 1987). 19. yüzyılın ikinci yarısına değin

12x12, 14x14 ve 16x16 boyutlarında kullanılan ahşapların 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başında inşa edilen binalarda ana dikme, alt taban ve üst tabanlarda 10x10 cm gibi, ara dikmelerin 5x10 cm, döşeme kirişlerinin ise 4x14 cm, 5x15 cm çok küçük boyutlara düşmüş oldukları görülmüştür.

Çizelge 2.6 Yapılarda kullanılan ahşaplara ait boyut çizelgesi (Eriç, 1994)

Yapıdaki Yeri	Yapı Elemanı	Ahşap Malzemeler	En cm	Kalınlık cm
Taşıyıcı	Çatı	Mertek	5-8	10-12
		Mahya aşığı	12	16-18
		Gergi	10-16	16-18
		Baba	16	16
		Bırakma kirişi	8-12 10-12	14-16 10-12
		Damlalık aşığı		
		Göğüsleme	6-8	12
	Kuşak	5-6	10-18	
	Karkas duvar	Ara dikme	7-6	12-14
		Payanda	12-14	12-14
Döşeme	Kadron	4-5	4-5	
	Ana kiriş tabanı	12 -14 12	18-20 14	
	Kiriş	6-8	18-20	
Kaplama Elemanları	Duvar	Dış kaplama	14-18	2,5
		İç kaplama	12-18	2
		Lambri	4-5	2
	Döşeme	Kaba döşeme kapl.	8	2-4
		Parke	3-6	2
		Mozaik parke	12x12	0,9
Doğrama Elemanları	Pencere	Kasa (teloro)	4,5-5,6	9-10
		Kanat	4,5-6	6-8,5
		Kayıt	4,5-5,6	4,5-10
	Kapı	Alt başlık	4,5	18
		Seren	4,5	14
		Kayıt	4,5	6
		Üst başlık	4,5	12

19. yüzyıl ortalarına değin oldukça düzgün ve standardize edilmiş bir biçimde kullanılan ahşap malzeme kalitesi 19. yüzyıl ortalarından sonra oldukça düşmüştür. Yapı keresteleri genellikle inşaatın yapıldığı yerde biçilmekteydiler. Şantiyede kurulan tezgâhlar üzerinde biçki ve kamalar yardımıyla biçilen ahşaplar makine ile

kesilen ahşaplar göre ahşabın fiziksel yapısına daha fazla uygun olmaları nedeniyle daha dayanıklı olmaktadır. Elibelindelerde ve desteklerde kullanılan ahşaplar, fonksiyonlarına uygun olarak ormanda eğri biçim alacak şekilde yetiştirilmekte veya eğri ağaçlardan seçilmekteydiler (Eldem, 1987).

Geleneksel yöntemlerle üretilen ahşap yapılara ait elemanlar ve boyutları Çizelge 2.6' da (Eriç, 1994) görülmektedir. Günümüzde de klasik yöntemlerle üretilen ahşap yapı elemanları geleneksel sistemde kullanılanlardan çok büyük farklılıklar taşımamaktadırlar (Dışkaya, 2004).

## **2.5 AHŞAP KARKAS YAPILARIN TARİHİ DOKU İÇERİSİNDEKİ YERLEŞİM BİÇİMLERİ**

Prusyalı Mareşal Moltke'nin 1839'da yapmış olduğu mühendislik esaslarına uygun kent plânından sonra 8 Haziran 1839 tarihinde yayınlanan belgeye göre yangınlara karşı kârgir yapı inşasının zorunlu kılınmasına karşın, maddi açıdan gücü yetmeyenlere ahşap yapı inşasına izin verilmişse de bu konutların arasına masrafı komşu iki hane tarafından karşılanmak üzere yangın duvarı yapılması zorunlu tutulmuştur (Cezar, 2002). Bu belgede şehirde yapılacak tüm binaların bir plânı olmasının yanı sıra, yapıların geometrik bir biçimde düzenlenmiş sokakların ve caddelerin üzerinde belirtilen yerlerde inşa edilmesi gerekli kılınmıştır. Bu kurallar içerisinde beliren kent yapısında ise konutlar bağımsız ev ve sıra ev şeklinde konumlanmışlardır.

### **2.5.1. Bağımsız Ev**

Kendilerine ait bahçeler içerisinde yer alan konutlar, köşkler, yalılar bu tür bağımsız konutlara örneklenebilir. 19'uncu yüzyılda Osmanlı İmparatorluğunun savaşları yitirmeye başlaması ve Kafkas ve Rumeli göçleri nedeni ile şehir merkezindeki yerleşim alanlarının yetersizliği bu binaların sayısının hayli azalmasına sebep olmuştur. Buna karşılık, şehir yerleşimi dışında kalan bölgelerde, boğaz, adalar ve Anadolu yakasının iç kısımlarında özellikle 19. yüzyıl Avrupa etkisi ile batı sanat akımlarının cephelerinde yansımalarının görüldüğü büyük bahçe içerisinde görkemli konutlar bu tipe örneklenebilir.

### **2.5.2. Sıra Ev**

Göçlerle kent nüfusunun artışına bağlı olarak bağımsız ev yapma olanağı kalmayan halk bu kez birbirine bitişik nizamda konutlar inşa etmeye başlamışlardır. Bununla birlikte sıraevler yangınların artması ve yayılmasında en önemli etkenlerden birisi olmuştur. Sıra evler, 19'uncu yüzyıla değin yangın duvarsız olarak inşa edilmişlerdir.

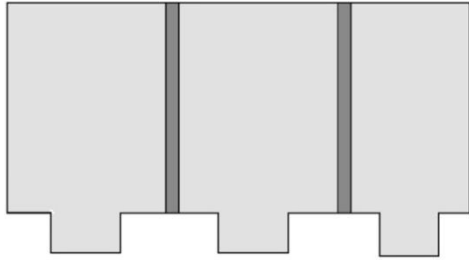
1818 tarihli II. Mahmud'a ait bir fermanda halkın yangının yayılmasını engellemek amacı ile arsalarının bir kısmını boş bırakmaları gerekirken bunu yapmadıkları ve binaları birbirlerine bitştirdiklerinden bahsedilmekte ve yangına önlem olarak binalar arasında temelden çatıya kadar tuğla duvar inşası zorunlu kılınmaktadır (Cezar, 2002).

Geometrik plân yerleşiminde birbirine eklenerek inşa edilen ortak yangın duvarlı evler yangın duvarlı sıra ev yerleşimi ve yangın duvarlı köşe ev yerleşimi şeklinde iki grupta incelenebilirler. Bununla birlikte sıra ev tipleri içerisinde yer alan ikiz evlerde ise konutlar arasındaki ortak duvarın yangın duvarsız olarak da inşa edilebildiği örnekler bulunmaktadır (Şekil 2.43 a,b).

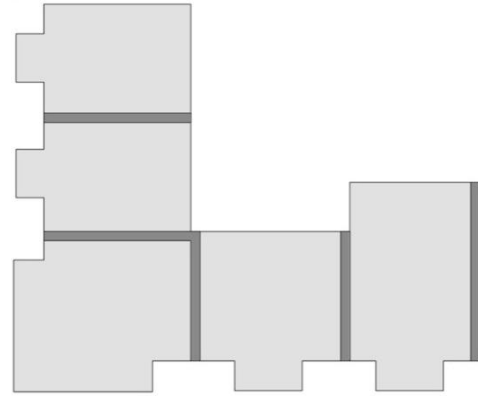
Bu evlerin inşasında bir konutun sahipleri önce yangın duvarını sonra da ahşap konutu bu duvara bitişik olarak inşa ediyorlardı.

#### 2.5.2.1. Yangın Duvarlı Sıra Ev

1848-1849 tarihli Ebniye Nizamnamelerinde yapıların ahşap yerine kârgir yapılmamalarından bahsedilerek bu nedenle gücü olanların bina yanlarına 2 zira (1.52 m) yükseklikte kârgir duvar yapmaları istenmiştir. Eğer güçleri yoksa on hane ve dükkân arasına bu şekilde duvar yapılması gerektiği söylenmiştir. Her beş hanede bir yapılan kârgir yangın duvarları 19. Yüzyıl sonlarında bütün ahşap konutların arasına yapı yüksekliği boyunca inşa edilmiştir (Denel, 1982) (Şekil 2.41).



Şekil 2.41 Yangın duvarlı sıra ev  
(Çizim: Dışkaya)



Şekil 2.42 Yangın duvarlı köşe yerleşim  
(Çizim: Dışkaya)

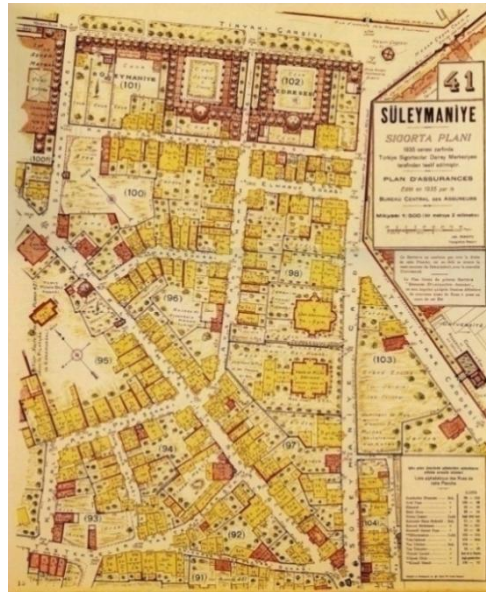
#### 2.5.2.2. Yangın Duvarlı Köşe Yerleşim

Bu yerleşim biçimi de sıra evlerin geometrik ve birbirini dik olarak kesen sokaklar üzerinde köşe dönüşlerindeki yerleşim biçimleri şeklinde oluyordu. Bu evlerde de köşe ev sahipleri önce kendi yangın duvarlarını sonra da ahşap konutlarını inşa ederek parselde köşe dönüşünü gerçekleştiriyorlardı (Şekil 2.42).

Yangınların önlenmesi için mevcut kent dokusu, 1904-1906 tarihleri arasında hazırlanan Goad haritaları ve 1920-1940 yılları arasında hazırlanan Pervititch sigorta haritalarında işlenmiştir. Özellikle Pervititch haritaları kendi dönemi için, binaların kat adetleri, yükseklikleri, çatıları, yangın duvarları ve yapım tekniklerini yansıtımları bakımından önem taşıyan (Ceylan, 2003) sigorta haritaları olmakla birlikte günümüz için kentsel koruma tarihi açısından önemli bilgiler içermektedirler. Bu şekilde Türkiye Sigortacılar Merkez Dairesi tarafından 1935 tarihinde Jacques Pervititch'e hazırlatılmış olan Yangın Sigorta Haritalarının bir örneğinde Süleymaniye bölgesi Şekil 2.44'te görülmektedir.



Şekil 2.43 Süleymaniye Ayrancı Sokak'ta yangın duvarlı ve yangın duvarsız sıra evler (Çizim a: Sedes arşivi; Çizim b: Restorasyon Ana Bilim Dalı Arşivi; Photoshop: Dışkaya, H.)



Şekil 2.44 Pervititch sigorta haritalarında Süleymaniye bölgesi kent dokusu (Pervititch, 1935)



## 2.6 BÖLÜM SONUCU

Bu bölümde İstanbul'da 19. yüzyıl geleneksel ahşap karkas yapılarının oluşumunu hazırlayan koşullar olan: coğrafya, iklim, bitki örtüsü, tarih boyunca nüfus ve yerleşim koşulları; kentsel ve yapısal biçimlenmede deprem ve yangınlar gibi doğal ve insan kaynaklı afetlerin tarihsel süreçteki etkileri; afetlere bağlı olarak yapılan imar düzenlemelerinin ahşap yapı karakteri üzerindeki etkileri, bu yapıların mimarî plân, cephe, taşıyıcı sistem ve dış kaplama özellikleri ile malzeme özellikleri, ahşap yapılarda kullanılan ağaç türleri ve ahşap boyutları, ahşap karkas yapıların tarihi doku içerisindeki bağımsız ev, sıra ev, yangın duvarlı sıra ev, yangın duvarlı köşe yerleşim konumları incelenmiştir.

Yangınlar ve depremlerin anlatıldığı bölümlerde takvim farklılıklarına rastlanılmasına, Hicri ve Milâdî takvim çevrimlerinde kaynaklar arasında birkaç yıl farklılıkla karşılaşılmamasına karşın olaylar ve sebeplerin asıl yönlendirici olmaları gerçeği göz önünde tutularak farklı kaynaklar aynı anda kullanılabilmiştir.

Yapısal düzenlemelerle değişen kat yükseklikleri ve oranlar, artan yoksullukla azalan ahşap kesitlerine karşın, ahşap yapının tarihsel süreç içerisinde değişmeyen strüktürel kurgusunun bu dönem için de küçük farklılıklarla da olsa aynı kaldığı görülmüştür.

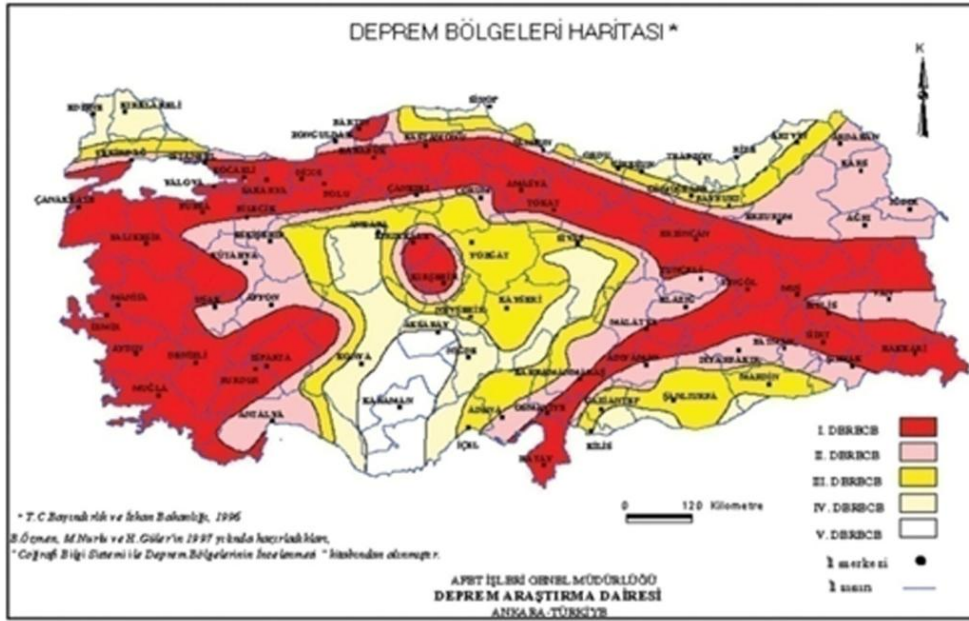
### 3. GELENEKSEL AHŞAP YAPILARDA DEPREM ETKİSİ

#### 3.1. DEPREMİN YAPILAR VE İNSAN YAŞAMI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Deprem, dünyanın varoluşundan itibaren, insanlar ve barınakları üzerinde can alıcı ve yıkıcı etkileri nedeniyle en önemli doğal afetlerden biri olmuştur. Depremın yapılar ve insan yaşamı üzerindeki etkisi, yaşanan bölgenin bulunduğu deprem kuşağı, bölgenin zemin türü ve yaşanan yapı türü ile doğrudan ilişkilidir. Sismik yönden aktif bölgelerde depremlerin birbiri ardından oluşması kaçınılmaz bir gerçektir.

Deprem bölgeleri haritasına göre (Şekil 3.1), Türkiye'nin %92'si deprem bölgeleri içerisinde yer almaktadır. Buna göre, ülke nüfusunun %95'inin deprem tehlikesi altında yaşamakta olduğu, büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajların %93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir (URL-6,2010).

Türkiye'de son 58 yıl içerisinde depremlerde, 58.202 kişi hayatını kaybetmiş, 122.096 kişi yaralanmış ve yaklaşık olarak 411.465 bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Sonuç olarak denilebilir ki, depremlerden her yıl ortalama 1.003 kişi hayatını kaybetmekte ve 7.094 bina yıkılmaktadır (URL-6, 2010).



Şekil 3.1 Türkiye Deprem Bölge Haritası (URL-6, 2010)

Deprem, Kuzey Amerika, Japonya Aynı şekilde Kanada Ahşap Konsey (Canadian Wood Council) 'inin bildirdiğine göre 1964 yılında Alaska'da Amerika'nın kuzeyinde gerçekleşmiş olan en şiddetli ve Richter ölçeğine göre 8.4 kuvvetindeki depremde 112'si deprem sonrası deniz dalgalarından olmak üzere 131 kişi hayatını kaybetmiştir. Aynı şekilde 1995 yılında M=6.9 olan Büyük Hanshin (Kobe) depremi Japonya tarihinde en yıkıcı depremlerden biri olmuştur. Depremde zemin

sivilaşması sonucunda 5.500 kişiden fazla ölmüş, 26.000 yaralanmış ve 200 milyon\$'dan fazla maddi hasar oluşmuştu. Bu denli büyük hasar ve can kaybının oluşma nedeni ise yerleşim merkezinin episantra yakınlığı ve altındaki fay kırığı olmuştur (URL-7, 2010). Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma (United States Geological Survey) Kurumu'nun 1990-2009 yılları arasında gerçekleşmiş olan en büyük ve çok can kaybına neden olan depremler çizelgesine bakılacak (Çizelge 3.1) olursa depremin dünya üzerinde ne değin etkin bir doğal afet olduğu hakkında bir düşünce edinilebilir (URL- 8, 2010) .

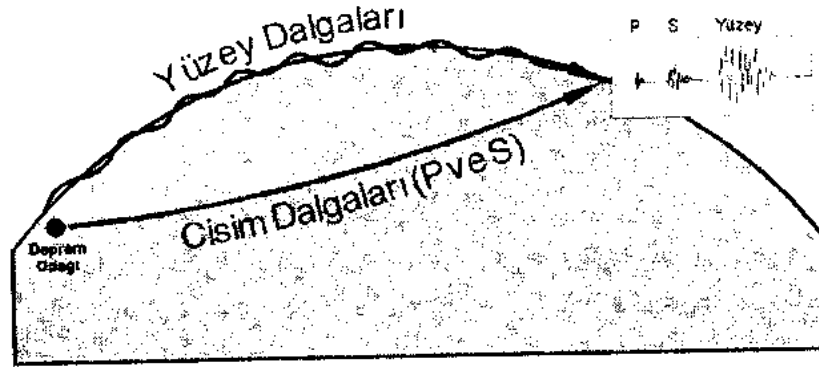
Çizelge 3.1 1990 – 2009 yılları arasında gerçekleşen en büyük ve en çok can kaybına neden olan depremler (URL-8, 2010)

En Büyük Depremler					En Çok Can Kaybı Yaratan Depremler			
Yıl	Tarih	Büyükölük	Ölü Sayısı	Bölge	Tarih	Büyükölük	Ölü Sayısı	Bölge
2010	02/27	8.8	507	Maule Açıkları, Şili	01/12	7.0	222,570	Haiti
2009	09/29	8.1	192	Samoa Adaları Bölgesi	09/30	7.5	1,117	Güney Sumatra, Endonezya
2008	05/12	7.9	87,587	Doğu Sihuan, Çin	05/12	7.9	87,587	Doğu Sihuan, Çin
2007	09/12	8.5	25	Güney Sumatra, Endonezya	08/15	8.0	514	Peru Merkezi Sahili Yakınları
2006	11/15	8.3	0	Kuril Adaları	05/26	6.3	5,749	Java, Endonezya
2005	03/28	8.6	1,313	Kuzey Sumatra, Endonezya	10/08	7.6	80,361	Pakistan
2004	12/26	9.1	227,898	Kuzey Sumatra Batı Sahili Açıkları	12/26	9.1	227,898	Kuzey Sumatra Sahili Açıkları
2003	09/25	8.3	0	Hokkaido, Japon Bölgesi	12/26	6.6	31,000	Güney Doğu İran
2002	11/03	7.9	0	Alaska Merkez	03/25	6.1	1,000	Hindu Kuş Bölgesi, Afghanistan
2001	06/23	8.4	138	Peru Sahili Yakınları	01/26	7.7	20,023	Hindistan
2000	11/16	8.0	2	Yeni İrlanda Bölgesi, Papua Yeni Gine	06/04	7.9	103	Güney Sumatra, Endonezya
1999	09/20	7.7	2,297	Tayvan	08/17	7.6	17,118	Türkiye
1998	03/25	8.1	0	Baleni Adaları Bölgesi	05/30	6.6	4,000	Afghanistan-Tacikistan Sınır Bölgesi
1997	10/14	7.8	0	Güney Fiji Adaları	05/10	7.3	1,572	Kuzey İran
	12/05	7.8	0	Kamçatka Doğu Sahili Yakınları				
1996	02/17	8.2	166	Irian Jaya Bölgesi Indonesia	02/03	6.6	322	Yunnan, Çin
1995	07/30	8.0	3	Kuzey Şili Sahili Yakınları	01/16	6.9	5,530	Kobe, Japonya
	10/09	8.0	49	Meksiko Jalisco Sahili Yakınları				

1994	10/04	8.3	11	Kuril Adaları	06/06	6.8	795	Kolombiya
1993	08/08	7.8	0	Mariana Adalarının Güneyi	09/29	6.2	9,748	Hindistan
1992	12/12	7.8	2,519	Flores Bölgesi, Endonezya	12/12	7.8	2,519	Flores Bölgesi, Endonezya
1991	04/22	7.6	75	Kosta Rika	10/19	6.8	2,000	Kuzey Hindistan
	12/22	7.6	0	Kuril Adaları				
1990	07/16	7.7	1,621	Luzon, Filipin Adaları	06/20	7.4	50,000	İran

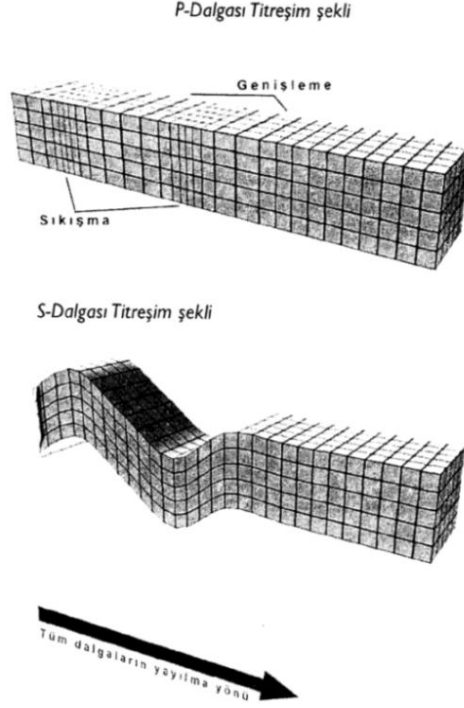
### 3.2. DEPREMLER VE OLUŞUM NEDENLERİ

Depremler, yer kabuğunun içinde birikmiş olan enerjinin aniden boşalması sonucunda belirli derinlikte kırılmasıyla oluşurlar. Yapısal anlamda deprem etkilerinin büyüklüğü, insan ve diğer canlıların üzerindeki yaşamsal anlamdaki korkunç etkileriyle ortaya çıkmaktadır. Daha önce tahmin edilememesi onu doğal felaketler içerisinde ön sıraya oturtmaktadır. Yer hareketlerini inceleyen bilim dalı sismolojidir. Deprem mühendisliği ise yapılarda hasar meydana getirecek yer hareketleri ile ilgilenir (Celep ve Kumbasar, 2004).



Şekil 3.2 Deprem kaynağında oluşan ve yer içinden ilerleyen cisim dalgaları (Üşümezsoy ve Pınar, 2001)

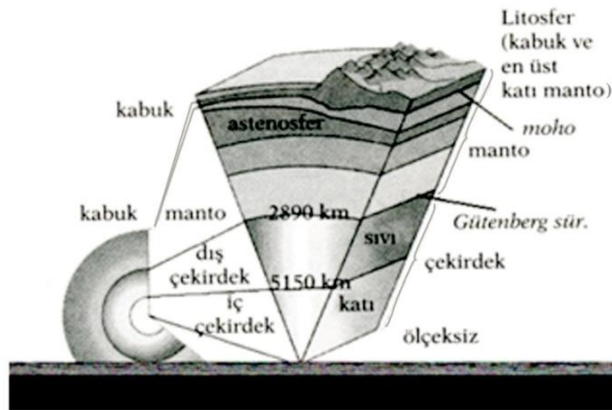
Deprem titreşim halinde açığa çıkan bir kuvvettir. Yapılar üzerindeki etkisi, zemin titreşimleri ile oluşan dalgaların yapı mesnetlerinde zamana bağlı yer değiştirme hareketleri ile açığa çıkar. Deprem dalgaları hareket ediş biçimlerine göre cisim dalgaları (P, S) ve yüzey dalgaları olarak adlandırılırlar (Şekil 3.2). P dalgaları hareket yönüne göre boyuna dalgalar olarak adlandırılırlar ve sıkışma ve gevşeme şeklinde hareket ederler. S dalgaları enine dalgalar olarak adlandırılırlar ve hareket ettikleri doğrultuya dik doğrultuda titreşim oluştururlar (Üşümezsoy ve Pınar, 2001), (Şekil 3.3). Bu, yapı dinamiğinin önemli bir konusudur (Celep ve Kumbasar, 2004).



Şekil 3.3 Yer içinde ilerleyen P ve S cisim dalgalarının hareket şekilleri (Üşümezsoy ve Pınar, 2001)

Depremi oluşumu dünyanın yapısı ile ilgilidir. Dünyanın yapısı Şekil 3.4' te görüldüğü gibi çeşitli katmanlardan oluşmuştur. Yaklaşık 6371 km yarıçaplı basık bir küre olan dünyanın ortalama yoğunluğu ise  $5500 \text{ kg/m}^3$  civarındadır. Yer küreyi oluşturan katmanlar, kabuk, manto, dış çekirdek ve iç çekirdek olmak üzere dört kısımdan oluşur.

Dünyanın dış kısmında bulunan kabuk (litosfer-taş küre) kısmı yaklaşık, 70–100 km kalınlığındadır, okyanuslar ve kıtalar bu taş kürede bulunur. Litosfer ve çekirdek arasında kalan kalınlığı yaklaşık 2890 km olan kısım mantodur. Genellikle katı bir yapısı olan mantonun derinleştikçe kısmen sıvı bölümleri de bulunmaktadır. Mantonun altındaki dış çekirdeğin bileşimi Nikel ve Demirden oluşmaktadır.



Şekil 3.4 Yer içindeki katmanlar (Taymaz, 1999)

Enine deprem dalgalarının bu bölgede yayılmaması çekirdeğin sıvı olması olgusunu beraberinde getirmektedir. Taş küre'nin altında Astenosfer denilen Üst Manto kısmı bulunur. Bu kısımda konveksiyon akımlar nedeniyle taş kabuklar parçalamakta ve birçok levhalara bölünmektedir. Bu bölgedeki konveksiyon akımları radyoaktivite nedeniyle oluşan yüksek ısıdan oluşmaktadır. Konveksiyon akımlarının yukarıya doğru yönlmesi ile kabuk kısmında oluşan gerilmeler zayıf bölgelerde kırılmalara ve böylece levhaların (plakların) oluşmasına neden olmaktadır. Bl. 2.3.1., Şekil 2.9' da yeryüzündeki kıtaların levhalar halindeki hareketleri ve ana fay doğrultuları izlenebilir. Astenosfer üzerinde hareket eden kıtalar bir sal gibi yüzmektedir. Konveksiyon akımlarının artması ile levhalar birbirinden uzaklaşmakta ve buradan çıkan magma okyanus sırtlarını oluşturmaktadır (URL-6, 2010), (Şekil 3.5).

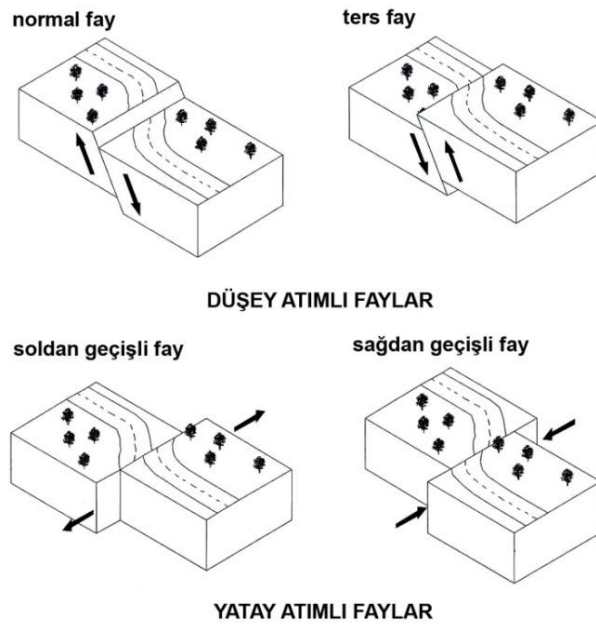
Levhaların birbirlerine değdikleri bölgelerde oluşan sürtünme kuvvetleri sonucunda levhalardan bir kısmı mantoya batmakta ve eriyerek kaybolmaktadır. Bu sürtünmeler birbiri üzerinde hareket etme eylemi dar bir alanda gerçekleşir ve oluşan bu sürtünme kuvvetlerinin nötralize olması deprem dalgalarının yeryüzünde hareketinin sönümlenmesiyle son bulur. Levhaların birbiri üzerinde çeşitli yönlerde hareketleri ile oluşan yeryüzü kırıklarına fay denir Resim 3.1' de 1999 depreminde Sapanca TEM yolu üzerindeki oluşan fay kırığı görülmektedir. 1911 yılında Amerikalı bilim adamı Reid' in "Elastik Geri Sekme Teorisi" ne göre, fay doğrultusunun iki tarafında bulunan kayaçların konveksiyon akımları ile hareketleri ile oluşan sürtünme kuvvetlerinden doğan enerjinin boşalımıyla kayaç blokları harekete geçmekte bu itki ile doğrusal veya ters doğrultudaki faylar oluşmaktadır. Yatay hareketlerle oluşan faylar, "Yatay Atımlı Faylar"dır. Düşey hareketlerle oluşan faylar ise, "Düşey Atımlı Faylar"dır. (Şekil 3.6)



Şekil 3.5 Yer kabuğu hareketinin şematik anlatımı (URL-6, 2010)



Resim 3.1 Sapanca'da TEM yolu üzerindeki fay çatlakları (Taymaz, 1999)



Şekil 3.6 Fay türleri (Ceccotti, Follesa ve diğeri, 2007)

### 3.3. DEPREM TÜRLERİ

Alman bilim adamı R. Hoernes'e göre depremler üç şekilde oluşmaktadır (Taymaz, 1999). Bunlar:

1. Tektonik depremler: Bölüm 3.2.'de anlatılan levhaların hareketleri sonucunda oluşan depremlerdir. Genellikle levha sınırlarında gerçekleşirler. Yeryüzündeki depremlerin %90'ı bu türdedir. Türkiye'de olan depremler de çoğunlukla tektonik depremlerdir (URL-6, 2010). Tektonik depremlerde oluşan enerji çok büyüktür. Bu enerji ses ve deniz dalgalarına benzeyen ve elastik dalgalar olarak adlandırılan deprem dalgaları ile yayılırlar.

2. Volkanik Depremler: Yerin derinliklerindeki ergimiş maddelerin yeryüzüne çıkarken oluşan gazların fiziksel ve kimyasal olaylar nedeniyle meydana getirdikleri patlamalar sonucunda volkanların püskürmesiyle oluşurlar (URL-6, 2010). Japonya ve İtalya' da bulunan aktif yanardağlar (Fuji ve Vezüv) nedeniyle bu ülkelerde oluşan depremlerin bir kısmı volkanik deprem türüne girerler. Türkiye'de aktif yanardağ bulunmadığı için bu tür deprem de olmamaktadır.

3. Çöküntü Depremler: Yeraltındaki mağara, maden ocaklarındaki boşlukların, tuz ve jipsli arazilerdeki erimeler sonucunda çökmeleri ile oluşurlar. Etkileri bölgeseldir.

Depremlerin yeryüzünde meydana getirdikleri etkiler ise:

- Zayıf zeminlerde, heyelanlar, kopmalar ve çökmeler; yeraltı suyunun harekete geçmesi ile toprak ve çamur akmaları;
- Yapıların toprağa gömülmesi şeklinde sonuçlanan kumlu zeminlerde zemin sıvılaşması;
- Şehirlerde alt yapı hasarları nedeniyle oluşan yangınlar ve su basmaları;
- Derin deniz depremleri sonucunda oluşan dev deniz dalgaları (tsunami)
- şeklinde sıralanabilir (Taymaz, 1999).

Depremlerden önce oluşan küçük sarsıntılara öncü depremlerdir. Büyük bir depremin oluşmasından sonra şiddeti gittikçe azalarak süren ve sayısı yüzlere varan depremler ise artçı depremlerdir (URL-6, 2010).

### **3.4. DEPREM PARAMETRELERİ**

Deprem parametreleri, depremlerin doğru bir biçimde tanımlanmalarını sağlayan ve depremleri oluşturan belirli kavramlardır. Bunlar:

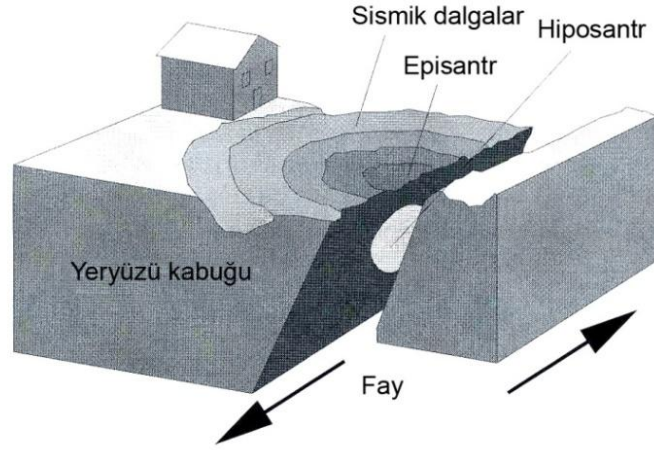
Oluş zamanı: Greenwich (GMT) zamanına göre depremin saat, dakika ve saniye cinsinden olduğu zamandır (Taymaz, 1999).

Odak noktası (hiposantr): Deprem enerjisinin ortaya çıktığı iç merkez alanıdır (URL-6, 2010), (Şekil 3.7).

Dış merkez (episantr): Depremin yeryüzünde en fazla hissedildiği odak noktasına en yakın alandır. Bu alan depremin şiddetine bağlı olarak değişir (URL-6, 2010).

Odak derinliği: Deprem enerjisinin açığa çıktığı nokta ile iç merkez arasındaki en kısa mesafedir. Odak derinliğine göre depremler üçe ayrılırlar:





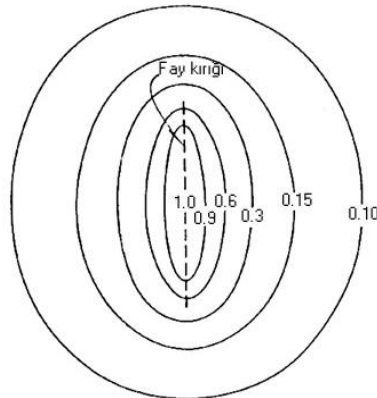
Şekil 3.7 Deprem parametrelerinin şematik gösterimi (Ceccotti, 2007)

a) Sığ depremler: Yerin 0-60 km derinliğinde, genellikle kıtasal alanlarda (Türkiye, Asya, Ege...) meydana gelirler.

b) Orta derinlikli depremler: 60-300 km derinlikte meydana gelen depremlerdir. Dalma batma bölgeleri: Japonya, Şili, Filipinler' de görülürler.

c) Derin depremler: 300-700 km derinlikte oluşan depremlerdir. Dalma batma bölgelerinin okyanus levhasının en uç kesimlerinde görülürler (Taymaz, 1999). Derin depremler, çok geniş bir alanda hissedilirken, yaptıkları hasar az olur. Sığ depremler ise dar bir alanda hissedilen hasarı büyük depremlerdir (URL-6, 2010).

Eşşiddet (izoseit) eğrileri: Depremin aynı şiddetle etkidiği yeryüzü noktalarının birleştirilmesi ile elde edilen eğrilerdir. Depremin çeşitli şiddetlerde etkidiği alanların belirlenmesinde kullanılır. Büyüklüğü fay yırtığının boyu ile doğru orantılıdır (Celep ve Kumbasar, 2004), (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Eşşiddet eğrileri (Dowrick, 1987)

Şiddet: Aletsel ölçüm ve gözlemlerin bulunmadığı dönemlerde depremin insanlar, yapılar ve doğal çevredeki yıkım etkisine göre verilen bir değerdir (Taymaz, 1999).

Şiddet, Romen rakamları ile ifade edilen bir büyüklüktür ve çeşitli bilim adamları tarafından hazırlanmış cetvelleri vardır. Bunlar:

Rossi-Forel (RF), Mercalli-Sieberg (MS) (daha çok Avrupa kıtasında kullanılır), Omori-Cancani (OC), Mercalli-Cancani (MC), Değiştirilmiş Mercalli (MM) (Amerika kıtasında daha çok kullanılır), Medyedev-Sponheur-Karnik (MSK), Japon (JM) şiddet cetvelleridir. Günümüzde en çok kullanılan şiddet cetvelleri Medyedev, Sponheur-Karnik (MSK), Değiştirilmiş Mercalli (MM) ve Japon (JM) 'dir. Bunların birbirleri ile karşılaştırılmalı ifadesi ise Çizelge 3.2'de görüleceği üzere:

Çizelge 3.2 Deprem şiddet değerleri karşılaştırma çizelgesi (Taymaz, 1999)

MSK (1964) = MM (1931)	RF (1874)	JM (1950)
I	I	0
II	II	1
III	III	2
IV	IV	2-3
V	V-VI	3
VI	VII	4
VII	VIII	4-5
VIII	IX	5
IX	X	6
X	X	6
XI	X	7
XII	X	7

şeklindedir.

Depremle oluşan yapısal hasarların derecelendirilebilmesi için yapılar da sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada:

A Tipi: Kırsal konutlar, kerpiç yapılar, kireç ya da çamur harçlı moloz taş yapılar;

B Tipi: Tuğla yapılar, yarım kârgir yapılar, kesme taş yapılar, beton briket ve hafif prefabrike yapılar;

C Tipi: Betonarme yapılar, iyi yapılmış ahşap yapılar;

şeklinde üç grup oluşturulmuştur.

Bu yapı gruplarının, Medyedev-Sponheur-Karnik (MSK)'in 1964 yılında oluşturdukları, depremlerin şiddetlerine bağlı olarak binalarda oluşan hasar derecelendirmeleri Çizelge 3.3'de izlenebilir:

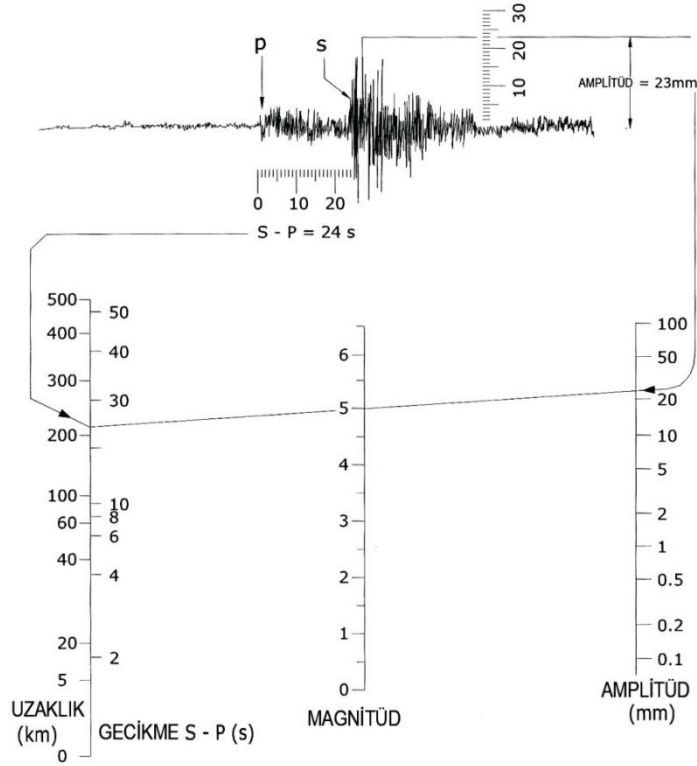
Çizelge 3.3 Medyedev-Sponheur-Karnik'e göre deprem şiddet sınıflandırması (URL-6, 2010)

I. Derece	Duyulmayan: Titreşimler insanlar tarafından hissedilmeyip, yalnız sismograflarca kaydedilirler.
II. Derece	Çok hafif: Sarsıntılar yapıların en üst katlarında, dinlenme halinde bulunan az kişi tarafından hissedilir.
III. Derece	Hafif: Deprem ev içerisinde az kişi, dışarıda ise sadece uygun şartlar altındaki kişiler tarafından hissedilir. Sarsıntı, yoldan geçen hafif bir kamyonetin meydana getirdiği sallantı gibidir. Dikkatli kişiler, üst katlarda daha belirli olan asılmış eşyalardaki hafif sallantıyı izleyebilirler.
IV. Derece	Orta şiddetli: Deprem ev içerisinde çok, dışarıda ise az kişi tarafından hissedilir. Sarsıntı, yoldan geçen ağır yüklü bir kamyonun oluşturduğu sallantı gibidir. Kapı, pencere ve mutfak eşyaları v.s. titrer, asılı eşyalar biraz sallanır. Ağzı açık kapılarda olan sıvılar biraz dökülür. Araç içerisindeki kişiler sallantıyı hissetmezler.
V. Derece	Şiddetli: Deprem, yapı içerisinde herkes, dışarıda ise çok kişi tarafından hissedilir. Uyumakta olan çok kişi uyanır, az sayıda dışarı kaçan olur. Hayvanlar huysuzlanmaya başlar. Yapılar baştan aşağıya titrerler, asılmış eşyalar ve duvarlara asılmış resimler önemli derecede sarsılır. Sarkaçlı saatler durur. Az miktarda sabit olmayan eşyalar yerlerini değiştirebilirler ya da devrilebilirler. Açık kapı ve pencereler şiddetle itilip kapanırlar, iyi kilitlememiş kapalı kapılar açılabilir. İyice dolu, ağzı açık kapılardaki sıvılar dökülür. Sarsıntı yapı içerisinde ağır bir eşyanın düşmesi gibi hissedilir. A tipi yapılarda hafif hasar olabilir. Bazen kaynak sularının debisi değişebilir.
VI. Derece	Çok şiddetli: Deprem ev içerisinde ve dışarıda hemen hemen herkes tarafından hissedilir. Ev içerisindeki birçok kişi korkar ve dışarı kaçarlar, bazı kişiler dengelerini kaybederler. Evcil hayvanlar ağıllarından dışarı kaçarlar. Bazı hallerde tabak, bardak v.s.gibi cam eşyalar kırılabilir, kitaplar raflardan aşağıya düşerler. Ağır mobilyalar yerlerini değiştirirler. A tipi çok ve B tipi az yapılarda hafif hasar ve A tipi az yapıda orta hasar görülür. Bazı durumlarda nemli zeminlerde 1 cm.genişliğinde çatlaklar olabilir. Dağlarda rastgele yer kaymaları, pınar sularında ve yeraltı su düzeylerinde değişiklikler görülebilir.
VII. Derece	Hasar yapıcı: Herkes korkar ve dışarı kaçar, pek çok kişi oturdukları yerden kalkmakta güçlük çekerler. Sarsıntı, araç kullanan kişiler tarafından önemli olarak hissedilir. C tipi çok binada hafif hasar, B tipi çok binada orta hasar, A tipi çok binada ağır hasar, A tipi az binada yıkıntı görülür. Sular çalkalanır ve bulanır. Kaynak suyu debisi ve yeraltı su düzeyi değişebilir. Bazı durumlarda kaynak suları kesilir ya da kuru kaynaklar yeniden akmaya başlar. Bir kısım kum çakıl birikintilerinde kaymalar olur. Yollarda heyelan ve çatlama olabilir. Yeraltı boruları ek yerlerinden hasara uğrayabilir. Taş duvarlarda çatlak ve yarıklar oluşur.
VIII. Derece	Yıkıcı: Korku ve panik meydana gelir. Araç kullanan kişiler rahatsız olur. Ağaç dalları kırılıp düşer. En ağır mobilyalar bile hareket eder ya da yer değiştirerek devrilir. Asılı lambalar zarar görür. C tipi çok yapıda orta hasar, C tipi az yapıda ağır hasar, B tipi çok yapıda ağır hasar, A tipi çok yapıda yıkıntı görülür. Boruların ek yerleri kırılır. Abide ve heykeller hareket eder ya da burkular. Mezar taşları devrilir. Taş duvarlar yıkılır. Dik şevli yol kenarlarında ve vadi içlerinde küçük yer kaymaları olabilir. Zeminde farklı genişliklerde cm. ölçüsünde çatlaklar oluşabilir. Göl suları bulanır, yeni kaynaklar meydana çıkabilir. Kuru kaynak sularının akıntıları ve yeraltı su düzeyleri değişir.

IX. Derece	<p>Çok yıkıcı: Genel panik. Mobilyalarda önemli hasar olur. Hayvanlar rastgele öte beriye kaçar ve bağırlar.</p> <p>C tipi çok yapıda ağır hasar, C tipi az yapıda yıkıntı, B tipi çok yapıda yıkıntı, B tipi az yapıda fazla yıkıntı ve A tipi çok yapıda fazla yıkıntı görülür. Heykel ve sütunlar düşer. Bentlerde önemli hasarlar olur. Toprak altındaki borular kırılır. Demiryolu rayları eğilip, bükülür yollar bozulur.</p> <p>Düzlük yerlerde çokça su, kum ve çamur taşmaları görülür. Zeminde 10 cm. genişliğine dek çatlaklar oluşur. Eğimli yerlerde ve nehir teraslarında bu çatlaklar 10 cm.den daha büyüktür. Bunların dışında, çok sayıda hafif çatlaklar görülür. Kaya düşmeleri, birçok yer kaymaları ve dağ kaymaları, sularda büyük dalgalanmalar meydana gelebilir. Kuru kayalar yeniden sulanır, sulu olanlar kurur.</p>
X. Derece	<p>Ağır yıkıcı: C tipi çok yapıda yıkıntı, C tipi az yapıda yıkıntı, B tipi çok yapıda fazla yıkıntı, A tipi pek çok yapıda fazla yıkıntı görülür. Baraj, bent ve köprülerde önemli hasarlar olur. Tren yolu rayları eğilir. Yeraltındaki borular kırılır ya da eğilir. Asfalt ve parke yollarda kasisler oluşur.</p> <p>Zeminde birkaç desimetre ölçüsünde çatlaklar oluşabilir. Bazen 1 m. genişliğinde çatlaklar da olabilir. Nehir teraslarında ve dik meyilli yerlerde büyük heyelanlar olur. Büyük kaya düşmeleri meydana gelir. Yeraltı su seviyesi değişir. Kanal, göl ve nehir suları karalar üzerine taşar. Yeni göller oluşabilir.</p>
XI. Derece	<p>Çok ağır yıkıcı: İyi yapılmış yapılarda, köprülerde, su bentleri, barajlar ve tren yolu raylarında tehlikeli hasarlar olur. Yol ve caddeler kullanılmaz hale gelir. Yeraltındaki borular kırılır.</p> <p>Yer, yatay ve düşey doğrultudaki hareketler nedeniyle geniş yarıklar ve çatlaklar tarafından önemli biçimde bozulur. Çok sayıda yer kayması ve kaya düşmesi meydana gelir. Kum ve çamur fıçkırmaları görülür.</p>
XII. Derece	<p>Yok edici (Manzara değişikliği): Pratik olarak toprağın altında ve üstündeki tüm yapılar baştanbaşa yıkıntıya uğrar.</p> <p>Yer yüzeyi büsbütün değişir. Geniş ölçüde çatlak ve yarıklarda, yatay ve düşey hareketlerin yön miktarları izlenebilir. Kaya düşmeleri ve nehir versanlarındaki göçmeler çok geniş bir bölgeyi kaplarlar. Yeni göller ve çağlayanlar oluşur.</p>

Bu derecelendirmeye göre, IX şiddetindeki depremlere yalnızca C tipi yapıların dayanabildikleri söylenebilir (Ceccotti ve diğerleri, 2007).

**Büyüklik:** Deprem sırasında ortaya çıkan enerjinin bir ölçüsüdür. Amerikalı bilim adamı Prof. Charles Richter' in 1930 yılında yapmış olduğu tanımlamaya göre, "Magnitüd (büyüklik): Episantrdan 100 km uzaklıkta ve sert zemine yerleştirilmiş özel bir sismografla (2800 büyütmeli, özel periyodu 0.8 saniye ve % 80 sönümlü bir Wood-Anderson torsiyon sismografı) kaydedilmiş zemin hareketinin mikron cinsinden (1 mikron 1/1000 mm) ölçülen maksimum genliğinin 10 tabanına göre logaritmasıdır" (URL- 6, 2010), (Şekil: 3.9).



Şekil 3.9 Richter metodunda magnitüd ölçümü için P ve S dalgaları arasındaki zaman farkı ve kaydedilmiş en büyük amplitüd (genlik) değerlerinin bulunduğu bir ölçekli nomogram (çizelge) kullanılmaktadır (Ceccotti ve diğerleri, 2007).

Gerçekleşen depremlerin magnitüdüleri (büyüklük), dış merkezden (episantr) 100 km uzaklığa değin (farklı deprem dalgalarının episantra uzaklıkları fonksiyonunun amplitüdlerinin (genliklerinin) azalması kanununa uygun olarak) aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir:

$$M_L = \log_{10} A + C \quad (3.1)$$

Burada:

$M_L$  : Lokal magnitüd (büyüklük)

A : Kaydedilmiş zemin hareketinin mikron cinsinden maksimum amplitüdü (genliği)

C : Episantral uzaklık fonksiyonunun düzeltme katsayısı

Depremin büyüklüğünü etkileyen çeşitli büyüklük değerleri:  $M_b$  (Cisim dalgası büyüklüğü),  $M_w$  (Moment büyüklüğü),  $M_d$  (Süre büyüklüğü),  $M_L$  (Lokal büyüklük) olarak sıralanabilir. Depremin magnitüd değerleri matematiksel formüller yardımıyla birbirine dönüştürülebilir.

Depremlerin büyüklüklerine göre sınıflandırılması ise Çizelge 3.4' te görüleceği gibi:

Çizelge 3.4 Depremlerin büyüklük değerlerine göre karşılaştırılması (Taymaz, 1999)

Büyüklük	Sınıf
$M \geq 7$	Büyük deprem
$5 \leq M < 7$	Orta büyüklükte deprem
$3 \leq M < 5$	Küçük deprem
$1 \leq M < 3$	Mikro deprem
$M < 1$	Çok küçük mikro deprem

şeklindedir.

Depremlerin şiddetlerinin magnitüd değerleriyle karşılaştırılması ise çeşitli bağıntılara dayalı olarak Çizelge 3.5'e (URL-6, 2010) göre:

Çizelge 3.5 Deprem şiddetinin magnitüd değerleri karşılığı (URL-6, 2010)

Şiddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Magnitüdü	4	4.5	5.1	5.6	6.2	6.6	7.3	7.8	8.4

şeklindedir.

### 3.5. DEPREMİN YAPISAL ETKİLERİ

Geleneksel ahşap yapılar depreme karşı dayanıklılıkları nedeniyle yüzyıllar boyunca çeşitli yapım teknikleri ile sürekli kullanılagelmişlerdir. Bu yapım teknikleri içerisinde en gelişkin örnekler de depremesel yapısı nedeniyle çok eski tarihlerden beri Anadolu'da izlenebilmektedir (Dışkaya, 2006).

Bu yapıları deprem karşısında güçlü kılan etkenlerden birincisi ahşabın hafif olmasına karşın sünek ve çekme dayanımı yüksek bir malzeme olması, kısa süreli yüklemelerde ise bağlantılarında kullanılan çivi ve bulon gibi metal malzemelerin de (Dowrick, 1987) aynı şekilde düktil (sünek) yapıya sahip olmalarıdır (Eriç, 1999, URL-9, 2010).

Bu durumu en iyi açıklayan betimlemelerden biri de Anadolu'nun geleneksel ahşap ustaları ile yapılan görüşmelerde elde edilen bilgilerdir. Burada ustalar, ahşap yapının inşasında çam türü esnek ve meşeye oranla yumuşak ağaçların kullanılmalarının deprem dayanımını artırdığı, meşe gibi sert ağaçla inşa edilmiş

yapıların depremsel yanal kuvvetlere maruz kaldıklarında çivilerin aynı esnekliğe sahip olmayan sert ağaçlar içerisinde kırıldıklarını belirtmektedirler (Arın, 1987).

Ahşap yapıların betonarme gibi diğer yapı sistemleri ile inşa edilmiş binalara göre daha üstün deprem performansı göstermiş oldukları en son 17 Ağustos 1999 Adapazarı (M=7.4) 12 Kasım 1999 Düzce (M=7.2) depremleri ile bir kez daha kanıtlanmıştır. Betonarme binalarda resmi kayıtlara göre 17.480 kişi yaşamını kaybederken, 23.781 kişi yaralanmış ve 505 kişi sakat kalmıştır. Buna karşılık ahşap veya yarı kârgir binalarda yaşayan insanlar binaları hasar görse de bu depremlerden sağ olarak kurtulabilmişlerdir (Resim 3.2 ve Resim 3.3).



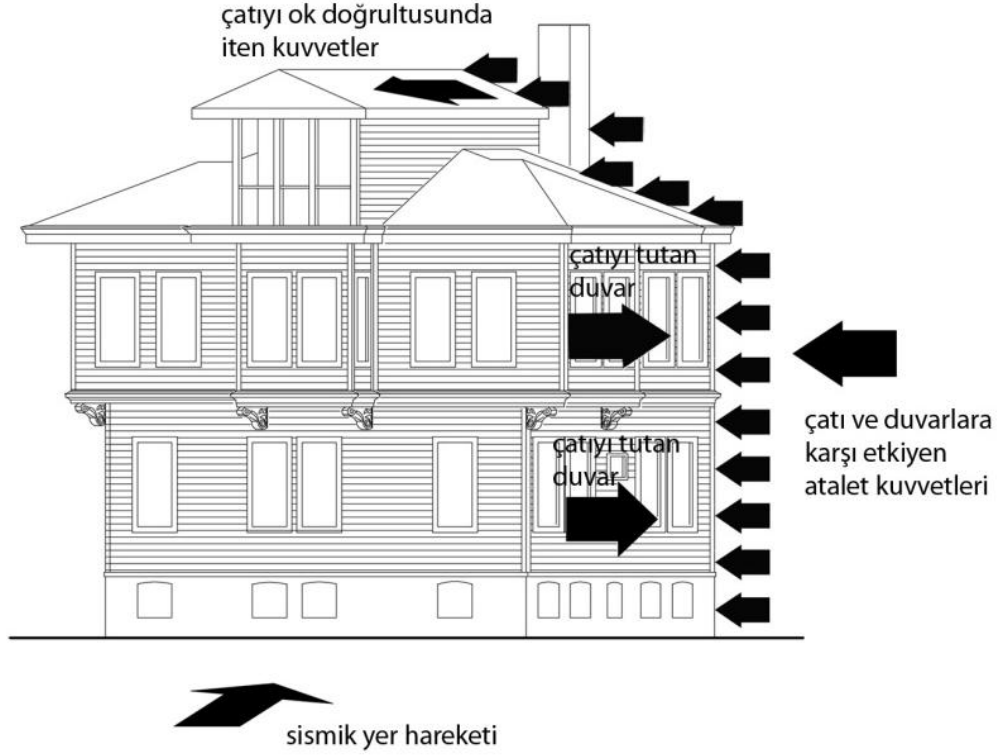
Resim 3.2 Düzce'de 12 Kasım zarar görmüş hıms sistem yapı (Kaynak: Aşkun, 1999)



Resim 3.3 Düzce'de 12 Kasım depreminde yıkılmış betonarme bir yapı (Kaynak: Aşkun, 1999)

Aynı şekilde, Kanada Alaska'da 1964'te Kuzey Amerika'nın en şiddetli, büyüklüğü 8.4 Richter ölçeğinde olan depremde 131 kişi hayatını kaybetmiş, ölü sayısının azlığı, nüfusun düşük sayıda oluşu, seyrek yerleşim ve yapıların ahşap oluşuna bağlanmıştır (URL-10, 2010). Kaliforniya'da San Fernando vadisinde 6.7 büyüklüğünde ve yaklaşık 5200 km<sup>2</sup> lik alanda etkili 1994 Northridge depreminde 57 kişi hayatını kaybetmiş, yaklaşık 12000 kişi yaralanmış, 100000 konut ve işyeri hasar görmüş, deprem 40 milyon \$ zarara yol açmıştır (URL-11, 2010). Depremden sonra okul binalarında yapılan araştırmalarda 37 km<sup>2</sup> lik alanı kaplayan ve %80 'i ahşap karkas yapılardan oluşan ve inşa tarihleri eski de olsa hayati tehlike içeren strüktürel veya strüktürel olmayan hasar bulunmadığı gözlemlenmiştir (URL-10, 2010).

Deprem etkisi, yapıya kendi ağırlığının yanal kuvvetler şeklinde etkimesi ile ortaya çıkar. Fakat bu yanal yükler, rüzgâr, toprak basıncı veya çarpma gibi yapıya dışarıdan etkimezler. Bunlar, deprem sırasında yer kabuğunda oluşan titreşim dalgalarının yapıda oluşturduğu titreşime karşı, yapının direnimi sonucunda oluşan eylemsizlik kuvvetleridir (Ünay, 2002), (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Yapı üzerinde etkiyen sismik kuvvetler (URL-12, 2004, Applied Technology Council, çizim yorumu: Dışkaya, 2008)

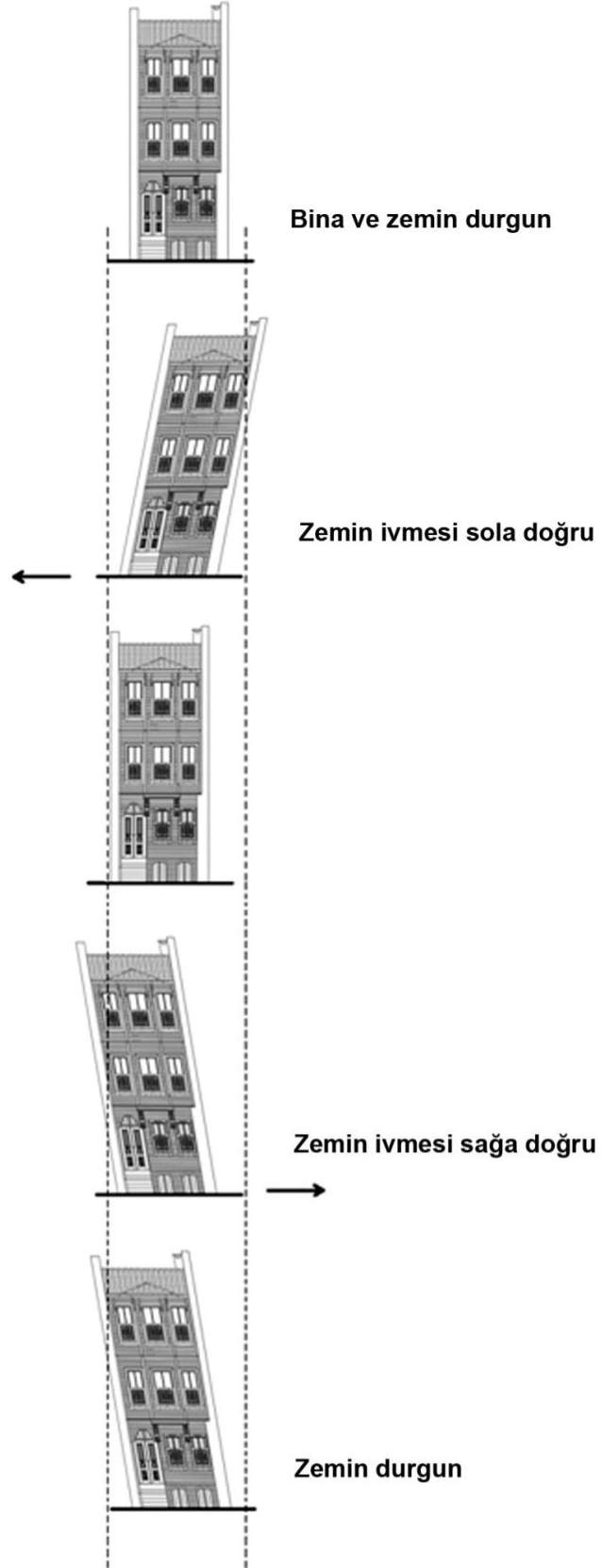
Yapıların depremden etkilenme derecelerini :

1. Yapının deprem dış merkezine (episantr) uzaklığı,
  2. Deprem büyüklüğü (magnitüd),
  3. Deprem odak merkezinin (hiposantr) derinliği,
  4. Yapının oturduğu zeminin cinsi,
- gibi faktörler (URL-10, 2010) belirler.

Deprem sırasında oluşan zemin hareketleri ise yapı temellerini hareket ettirir fakat yapının hareketini engellemek isteyen eylemsizlik kuvvetleri yapının üst katlarını sabit bir biçimde tutmaya çalışırlar. Zemin yavaş yavaş yer değiştirmeye başladığında bina yana doğru eğilir (Şekil 3.11). Bununla birlikte depremde zemin kuvvetleri çok çabuk ivme kazanırlar (URL-10, 2010).

Yapının depremsel hareketindeki yönelme, gitmekte olan bir araç içerisinde bulunan yolcunun geriye doğru eğilmesi ve fren esnasında ise arabanın ön tarafına doğru eğilmesine benzetilebilir.





Şekil 3.11 Deprem zemin hareketlerinin yapı üzerindeki etkisi (Çizim: URL-10, Canadian Wood Council yorumu: Dışkaya)

Deprem kuvvetlerinin binaya etkisi, binanın ağırlığına ve zemin hareket miktarına bağlı olarak artıp azalır. Yapı ağırlaştıkça daha büyük atalet kuvvetleri oluşur ve zemin daha fazla hareket ettikçe binalarda strüktürel gerilim de artar. Depremlerin yapı üzerindeki etkileri zemin hareketleri ve yapının strüktürel özelliklerine bağlı olarak değişir. Yapının deprem davranışı ise yapının büyüklüğüne ve rijitliğine göre değişir. Zemin ivmesi büyük olan depremler ahşap karkas yapılar üzerinde oldukça büyük etki yaratırlar. Bir depremin karakterize edilmesinde Richter ölçeğinin sıklıkla kullanılmasına karşın bir bölgedeki en yüksek zemin ivmesi depremin ahşap yapılar üzerindeki hasar yapma potansiyelinin belirlenmesi için daha iyi bir göstergedir.

Ahşap karkas yapıların deprem performanslarının yüksek oluşlarının nedenleri çeşitli araştırmalarla da irdelenmiştir:

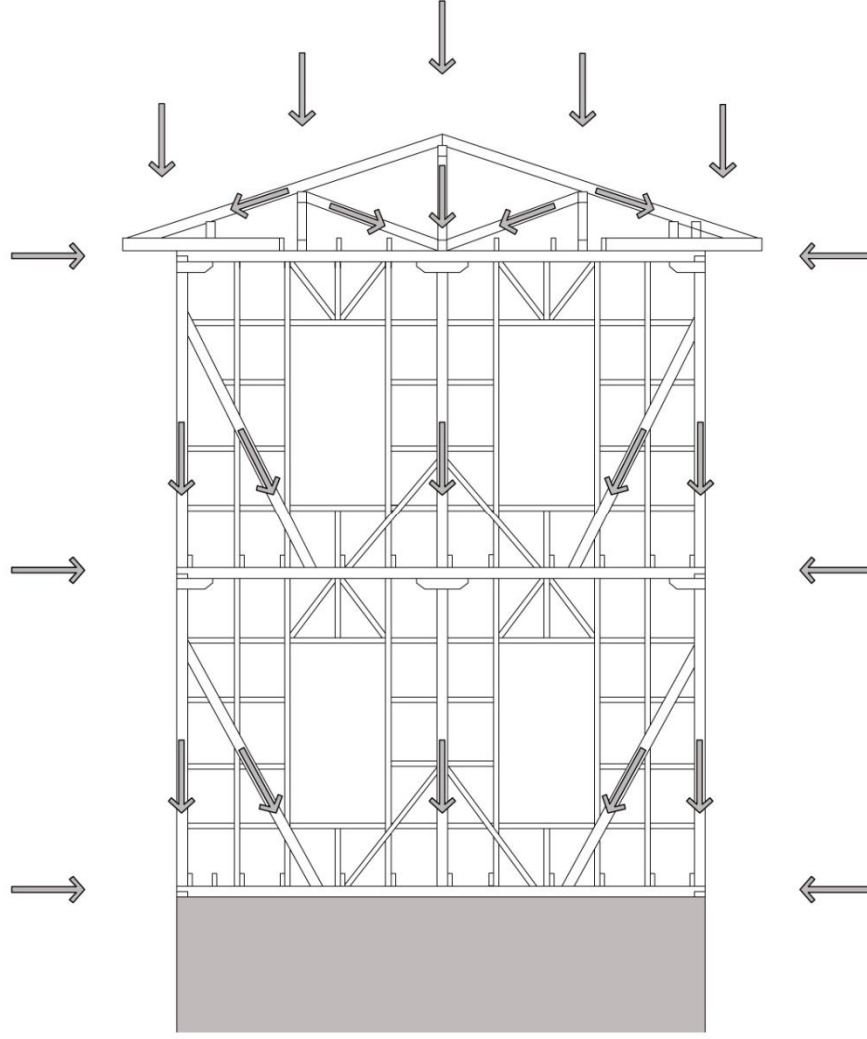
1. Ahşap yapılardaki kaplamalar, kirişlere ve dikmelere değgin düğüm noktalarındaki bağlantılar deprem yüklerinin iletilmesi için çok sayıda yük akış doğrultusu oluştururlar. Şekil 3.12' de geleneksel Türk evi strüktürel sisteminin yalnızca çubuk elemanlarda yük iletim ve dağılımı izlenebilir. Az sayıda ve büyük kapasitedeki bağlantılar yerine çok sayıda küçük bağlantılar bulunması nedeni ile bir bağlantı taşıyabileceğinden fazla yüklenmişse taşıdığı yük bitişik bağlantı tarafından paylaşılabilir.

2. Ahşap, taşıma gücü ile oranlandığı zaman oldukça hafif bir malzemedir. Bu hafiflik nedeni ile deprem kuvvetleri de yapıya kendi ağırlığı oranında etkiyeceği için büyük olmayacaklardır.

3. Ahşap karkas sistemlerde çivili ahşap birleşimler deprem sırasında yapının esneyerek enerjiyi absorbe edip dağıtmasını sağlarlar (URL-10, 2010),

4. Geleneksel Türk Evi'nde strüktürel kurgu neredeyse bir yük akış ve dağılım şeması halinde oluşturulduğu için yapıya etkiyen yükler çivili birleşimler ve ahşap strüktür elemanları ile birbirlerine iletilerek dağıtılmaktadırlar (Şekil 3.12).

5. Geleneksel ahşap yapılarda dış cephe kaplamaları ve içeride bağdadi çitalar ve kırıkla daha esneklik kazandırılmış kireçli sıvalar, yapı dış ve iç duvarlarını bir perde haline getirmektedir. Aynı şekilde döşeme ve tavanlarda kaplama ahşapları bu kısımları birer diyafram haline getirmektedirler. Bu kaplamalar ve çitaların yapı tabanları, kiriş, dikme, ara dikme ve payandalarla çivili birleşimler yardımı ile birlikte çalışmaları da yapının yanal kuvvetler karşısında daha dayanıklı olmalarını sağlamaktadır.



Şekil 3.12 Ahşap karkas yapıya etkileyen yükler ve çoklu yük iletim sistemi (Çizim: Dışkaya)

### 3.6. AHŞAP YAPILARIN DEPREME KARŞI DAYANIKLILIĞINI AZALTAN ETKENLER

Ahşap, tüm yapı malzemeleri içerisinde deprem bölgeleri için en ideal malzeme olduğunu binlerce yıl içerisinde kanıtlamış bir malzemedir. Deprem karşısında ahşabı vazgeçilmez yapan özellikleri içerisinde: hafiflik, mukavemet, esneklik, sayılabilir (Giordano, 2008). Depremde oluşan zemin hareketleri ile oluşan atalet (eylemsizlik) kuvvetleri, çatı ve döşemeler gibi bina kütlelerinin en büyük olduğu yerlerde yatay kuvvetleri yoğunlaştıracağı için, yapının depreme direnebilmesi çatı ve döşemelerdeki kuvvetlerin duvarlar tarafından desteklenmesi ve yapının tamamen temele bağlanması ile sağlanabilecektir.

Yüksek derecede hiperstatik olan ve herhangi bir mühendislik hesabına dayandırılmaksızın geçmiş bilgilerin birikimi ile inşa edilen bu yapıların depreme

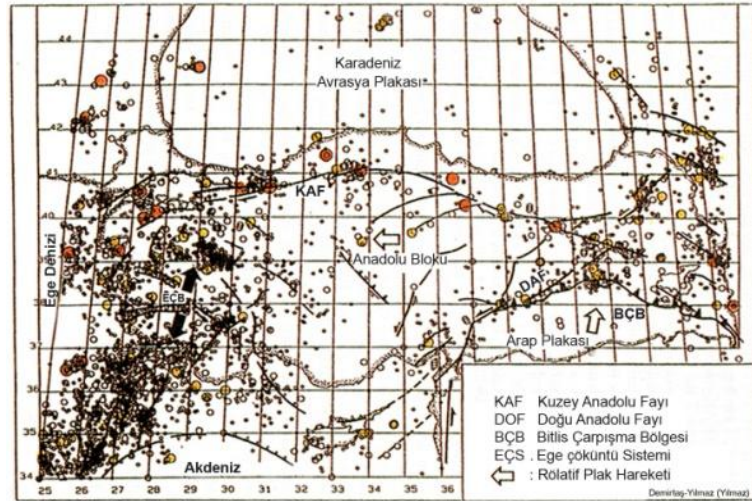
karşı yüksek dayanımlarını azaltan en önemli etkenlerin ise ahşap malzemenin kalitesinden daha çok aşağıda sıralanan nedenlere dayandığı söylenebilir:

1. “Yapının zayıf zeminde büyük salınımlı davranış göstermesi,
2. Ahşap karkas yapının oturduğu kârgir temel duvarı örgüsündeki bozukluk nedeniyle alt strüktür elemanlarının birlikte çalışmaması,
4. Bacaların yapısal güçsüzlüğü,
5. Farklı rijitliğe sahip malzemeler arasındaki strüktürel bağlantı yetersizliği,
6. Ağır çatı yüklerini taşıyamayacak karkas sistem kullanımı,
7. Ahşabın haşere, mantar ve çürüme nedeni ile güç kaybetmesi,
8. Deprem sonrası yangınlarına karşı dayanıksızlık” (Dowrick, 1987),
9. Yangın duvarı yüklerinin olumsuz etkisi (Dışkaya, 2004).

### 3.7. TÜRKİYE’DE FAY HATLARI ORMANLAR VE AHŞAP YAPI YERLEŞİMİ İLİŞKİSİ

Türkiye’nin üzerinde bulunduğu fay hatları nedeniyle (Şekil 2.10, Şekil 3.13) tarih boyunca karşılaşmış olduğu yıkıcı ve büyük can kaybına neden olan depremlerden tezin Bölüm 2.3.1. ve Bölüm 3.1 kısımlarında bahsedilmiştir.

Günümüz çağdaş yapım tekniklerinde şartnamelere göre üretilecek yeni yapıların deprem ve diğer afetler karşısında insan hayatını korumaya yönelik yüksek mukavemetli, düktil ve yanal yüklere karşı dayanıklı olması (ASCE, 1998) öngörülmektedir.



Şekil 3.13 Türkiye’yi etkileyen karasal plakalar ve fay hatları (Demirtaş ve Yılmaz)

Türkiye’de fay hatları boyunca üretilmiş olan ve belirli bir malzeme, işçilik ve yapım kalitesine sahip ahşap konutlar, binlerce yıllık deprem geçmişinin biçimlendirmesi doğrultusunda (Dışkaya, 2006) kendi kurallarını yaratırlarken, çağdaş deprem

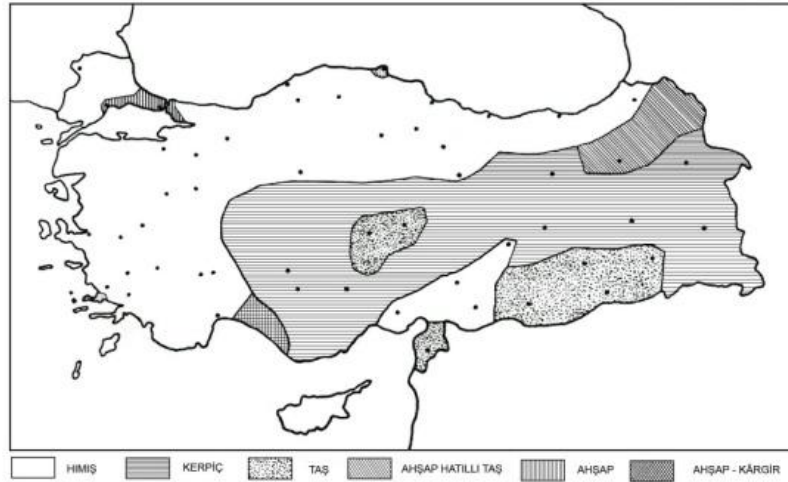
şartnamelerinin isteklerini karşılamış olmaları ile de yüksek deprem performansına sahip olduklarını kanıtlamışlardır.

Geleneksel yapı üretim sistemlerini belirleyen en önemli etkenlerden bir tanesinin üretimin yapıldığı bölgede en çok bulunan yapı malzemelerinin kullanımı olduğu bilinen bir gerçektir. Anadolu'nun doğusundan gelerek Trakya yarımadasından Balkanlara uzanan fay hatlarının üzerinde yer alan sık orman dokusu, bu hat üzerinde yer alan geleneksel yapılarda kullanılan strüktür malzemesinin genellikle ahşap olması nedenleri konusunda önemli bir veri oluşturmaktadır, (Şekil 3.14).

Şekil 3.13' te yer alan fay hatları, Şekil 3.14' teki orman varlığı haritaları ve bunlara bağlı olarak Şekil 3.15' de bu bölgelerde kullanılan yapı malzemeleri ve yapım teknikleri dağılımı haritaları incelenecek olunursa, bu üç önemli kavram arasındaki ilişki açıkça izlenebilmektedir.



Şekil 3.14 Türkiye Orman Varlığı Haritası (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü)



MALZEME ve YAPIM TEKNİKLERİ AÇISINDAN BÖLGESEL FARKLILIKLAR

Şekil 3.15 Malzeme ve yapım teknikleri açısından bölgesel farklılıklar (Kazmaoğlu, Tanyeli, 1973)

Şekil 3.16' da yer alan Türk Evi dağılım haritasında geleneksel konutların dağılım alanları ve ahşap strüktürlü konutların yayılım alanları görülebilmekte, ülke için fay hattı, ormanlar ve geleneksel yapım tekniklerinin birbirlerini ne denli etkilemiş oldukları daha net bir biçimde algılanabilmektedir.



Şekil 3.16 Türkiye'de geleneksel konut dağılımı haritası (Eruzun, 1990)

### 3.8. BÖLÜM SONUCU

Bu bölümde, depremin yapılar ve insan yaşamı üzerindeki etkisine genel olarak değinilmiştir. Depremler, oluşum nedenleri, deprem türleri ve deprem parametreleri kavramları irdelenmiş, depremin geleneksel ahşap yapılar üzerindeki etkileri ve geleneksel ahşap yapıların depreme karşı dayanıklılığını azaltan etkenler araştırılmış, deprem bölgeleri, fay hatları, orman alanları ve geleneksel ahşap strüktür arasındaki ilişkiden bahsedilmiştir.

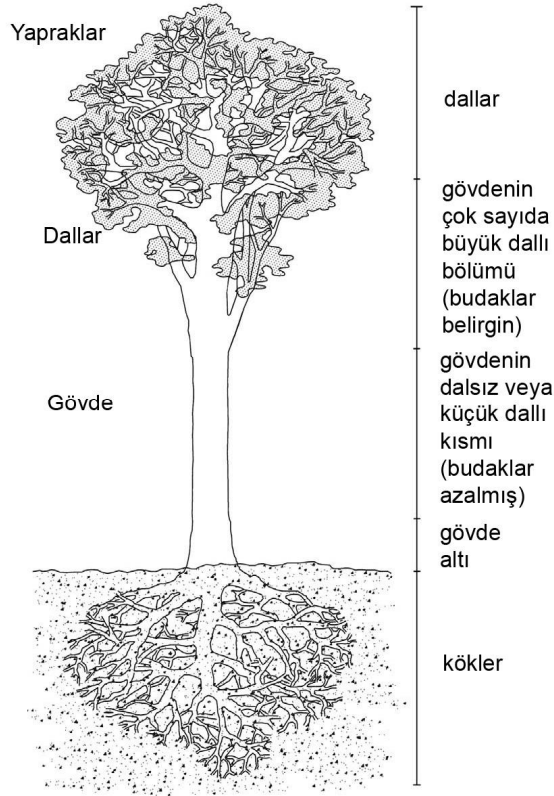
Yapılan araştırmalarda Türk Evi'nin ulaştığı mükemmel strüktürel örgünün bir deprem ülkesi olan Türkiye'de mühendislik anlamında ve strüktür tarihi alanında yeterince derin bir ilgi ile araştırılmadığı görülmüştür. Bu denli yoğun bir ahşap yapı çeşitliliğinin bulunduğu Anadolu ve Trakya bölgelerinde ve bir deprem ülkesi olmanın yanı sıra orman zenginlikleri ile kuşatılmış bir yapıya sahip olmanın daha bilinçli, derin, çağdaş ve disiplinler arası yaklaşımlar gerektirdiği açıktır.

## 4. GELENEKSEL AHŞAP YAPILARDA KULLANILAN AĞAÇLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ve TEKNİK DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

### 4.1. AĞACIN YAPISI

Ağaçlar, kök, gövde, dallar ve yapraklardan oluşan ve boyu 5 metreden fazla olan odunsu yapıdaki bitkilerdir (Şekil 4.1). Gövde, kökler aracılığı ile topraktan aldığı suda erimiş kalsiyum, potasyum, fosfor, kükürt, demir, magnezyum ve azot gibi mineral tuzlarını kapiler boru hareketi ile yapraklara iletir. Yapraklar, havadan aldıkları CO<sub>2</sub> ve güneş ışığı ile ham besi suyunu özümlelenebilir besi suyuna dönüştürerek fotosentezi gerçekleştirir ve ağacın büyümesi böylelikle sağlanmış olur (Örs ve Keskin, 2001). Fotosentezin kimyasal formülü:

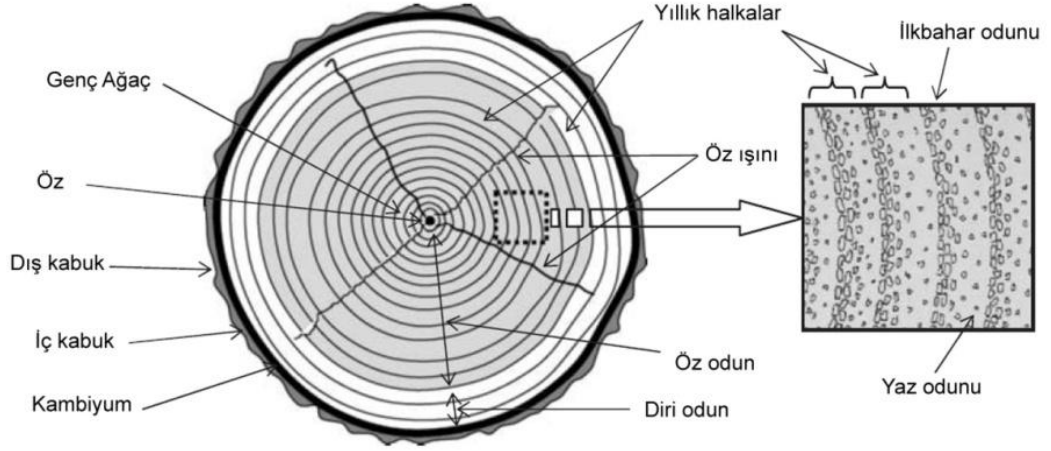
$6H_2O + 6CO_2 + \text{Güneş enerjisi} + \text{Klorofil} \rightarrow C_6H_{12}O_6(\text{şeker}) + 6O_2$  şeklindedir.



Şekil 4.1 Ağacın ana kısımları (Zevi ve Tabasso, 2001)

Ağacın en kesitinde izlenen bölümler dıştan içe doğru, dış kabuk, iç kabuk, saydam kısım (kambiyum), diri odun, öz odun, yaz halkaları, ilkbahar halkaları ve merkezde öz kısmıdır (Porteous ve Kermani, 2007), (Şekil 4.2). Kabuk, ağacın gövdesini dış hava koşullarından koruyan kısımdır. Dış kabuk ve iç kabuk olarak iki kısımdan oluşur. Besin maddeleri ağaç boyunca iç kabukla, çap doğrultusunda öz ışınları aracılığı ile iletilirler. Kambiyum ağacın iç ve dış doğrultuda büyümesini sağlayan

kısımdır. Ağacın enine büyümesi sekonder büyümedir. Gövde, dal ve kök uçlarında bulunan meristemlerin bölünmesi ile boyuna olan primer büyüme gerçekleşir (Örs ve Keskin, 2001).



Şekil 4.2 Ağaç gövdesinin kesiti (Porteous ve Kermani, 2007)

Bir öz etrafında toplanan iç içe geçmiş ağaç halkaları, pek çok liften oluşurlar. Bu halkalar bahar ve yaz aylarında meydana gelirler. Halkaları oluşturan liflerin içleri özsu ve öz besisi suyu iletimine yarayan kanallardan oluşur. Bu kanalların bünyesi ise selüloz ( $C_6H_{10}O_5$ )' dandır. Bazı ağaçların yapısında bulunan reçine ve yağlar, ağacı mantar ve dış etkilere karşı korur.

Ağacın anizotrop yapısı da hücre çeperindeki selülozun yapısal düzeni ve hücrelerin ağaç eksenine paralel ve dik yönde büyümeleri ile ağaç gövdesindeki simetrik yerleşimlerinden kaynaklanır. Ağaç hücre çeperleri selülozik polimerler, selülozik olmayan karbonhidratlar ve lignin karışımından oluşmaktadır. Bu nedenle ağaç, kısa süreli yüklemelerde selülozik yapısı ile elastik, uzun süreli yüklemelerde yapısındaki lignin nedeniyle plastik davranış göstermektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

#### 4.2. AĞAÇ TÜRLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Dendrolojik (dendro: ağaç, logia: bilgi) açıdan 360.000 civarında türü bulunan bitkiler iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar:

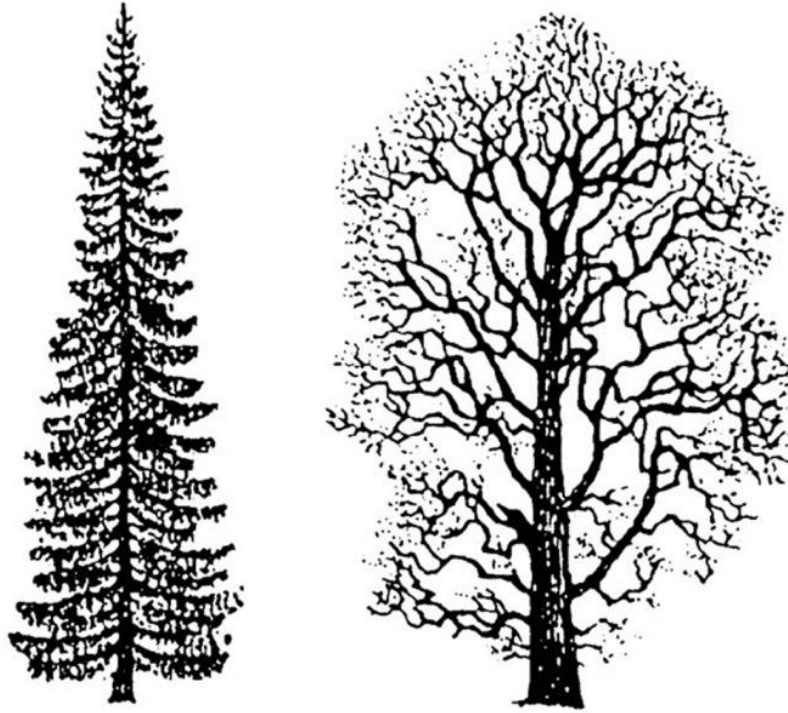
- Gövdesiz bitkiler (Thallophyta): Bakteriler, mavi-yeşil algler, algler, mantarlar, kara yosunları.
- Gövdeli Bitkiler (Cormophyta): eğreltiler, tohumlu ve çiçekli (spermatophyta) bitkilerdir (Yaltırık ve Efe, 1994).



Bitkiler dünyasının en geniş kısmını oluşturan tohumlu bitkiler (spermatophyta) ise:

- Açık tohumlu bitkiler (Gymnospermae): Yumuşak ağaçlar olarak da adlandırılan iğne yapraklı ağaçlar: Çam, ladin, köknar gibi yapraklarını dökmeyen her dem yeşil ağaçlar Şekil 4.3 a ve
- Kapalı tohumlu bitkiler (Angiospermae): Sert ağaçlar olarak da adlandırılan yapraklı ağaçlar (Yapraklarını kışın döken ağaçlar) Şekil 4.3 b olarak ikiye ayrılmaktadırlar.
- Kapalı tohumlu bitkiler (Angiospermae):
- Tek çenekliler (Monocotyledon): Hurma ve bambu gibi önce çapı sonra boyu büyüyen ağaçlar ve
- Çift çenekliler (Dicotyledon): Ceviz, meşe, incir, söğüt gibi çapları ve boyları eş zamanlı büyüyen ağaçlar (Örs ve Keskin, 2001), olarak ikiye ayrılırlar.

Tohumlu bitkiler topraktan aldıkları ham besi suyunu boru şeklindeki hücre yapıları ile yapraklara iletirler. Bu hücreler odunsu yapıları ile ağaçların ayakta kalabilmelerini de sağlarlar.



Şekil 4.3 a) İğne yapraklı ağaç b) Yapraklı ağaç (Uzielli ve diğ., 2003)

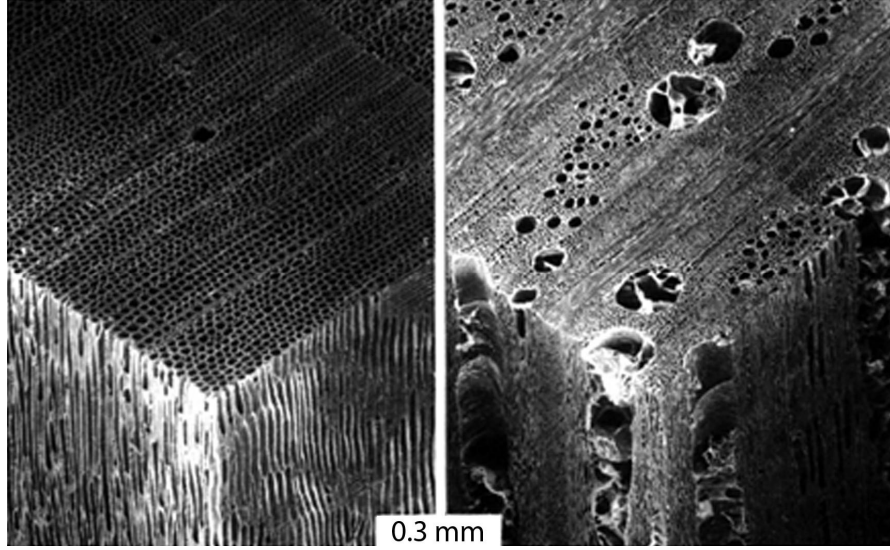
#### 4.2.1. Açık tohumlu bitkiler (Gymnospermae): İğne yapraklı ağaçlar

İğne yapraklı ağaçlar, İtalyanca: *Conifere*, İngilizce: Softwoods (*Yumuşak ağaçlar*) olarak adlandırılırlar. İğne yapraklılar, her dem yeşil, yaprakları iğne biçiminde, trakeid isimli iletim ve destek sağlayan tekil hücrelerden oluşan ağaçlardır (Şekil 4.4 a). Özışınları yıllık halkaları dik olarak keserler. İşlevleri, besin depolamak ve gerekli

olan yerlere bu besinleri iletmektir (Porteous ve Kermani, 2007). Sarıçam, karaçam, kızılçam, selvi, fıstık çamı, melez çam, ladin ve köknar bu türe örneklenebilir.

#### 4.2.1.1. İğne Yapraklı Ağaçların Karakteristik Özellikleri

- Çabuk büyürler, düşük yoğunluk ve mukavemet oranına sahip olmakla birlikte 30 yılda kesilecek duruma gelirler.
- Koruyucular kullanılmadığı zaman dayanıklılıkları azalır.
- Kesim kolaylıklarına bağlı olarak nispeten ucuzdurlar, (Porteous ve Kermani, 2007).



Şekil 4.4 a) İğne yapraklı ağaç hücreleri b) Yapraklı ağaç hücreleri (Uzielli ve diğ., 2003)

#### **4.2.2. Kapalı tohumlu bitkiler (Angiospermae): Yapraklı ağaçlar**

Yapraklı ağaçlar, İtalyanca: *Latifoglie*, İngilizce: *Hardwoods* (*Sert ağaçlar*) olarak adlandırılırlar. Bu türe ait bitkiler, ilkbaharda açan yapraklarını büyüme mevsimi sonu olan kışın dökerler. Yapraklı ağaçların hücrelerinin lif adı verilen ve yapısal desteği sağlayan kalın hücre duvarları ve damar olarak adlandırılan ortama besin iletimini sağlayan ince duvarlı hücreleri ile iğne yapraklı ağaçlardan daha karmaşık bir yapıları vardır (Şekil 4.4 b). Her yıl yeni yaprakların büyümesi gerektiği için özsu gereksinimi artar ve bazı durumlarda daha büyük damarlar ilkbahar odunu içinde biçimlenirler bunlara yüzük biçimli gözenekleri olan meşe, dişbudak gibi ağaçlar örneklenebilir. Belirli bir büyüme dönemi olmadığında gözenekler daha fazla eşit olarak dağılmaya eğilimli olurlar, bu da kavak ve kayın ağaçlarında olduğu gibi dağınık gözenekliğe sebep olur. Meşe, kayın, gürgen, kestane, ceviz, kavak bu türe örneklenebilir (Porteous ve Kermani, 2007).

#### 4.2.2.1. Yapraklı Ağaçların Karakteristik Özellikleri

Yapraklı ağaçlar, iğne yapraklı ağaçlara göre daha ağır büyürler. Bu genellikle, daha yüksek yoğunluğa ve güce sahip bir odun yapısına neden olur. Bazı ağaçlar olgunluğa 100 sene civarında ulaşırlar.

- Dayanıklılık için koruyuculara daha az gereksinim duyarlar.
- Olgunlaşmasının zaman alması ve nakliye maliyetleri bakımından tropikal ağaçlar iğne yapraklı ağaçlara kıyasla daha pahalıdırlar, (Porteous ve Kermani, 2007).

### **4.3. AĞACIN KİMYASAL YAPISI**

Ağacın kimyasal yapısını oluşturan ana maddeler selüloz ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>, lignin ( $C_{10}H_{13}O_3$ )<sub>x</sub>, hemiselüloz ve yabancı maddelerdir.

Ağaca esneklik veren beyaz renkte olan selüloz, ağaç yapısının % 40-50'sini oluşturur. Yüksek derecede su emicidir. Ağacın % 20-30'unu oluşturan lignin eğilme yeteneği olmayan gevrek bir malzemedir. Ağacın bünyesine sonradan yerleşir. Ağacın dokusunu sertleştirir, dik durmasını sağlar ve basınç direnimini artırır (Türker ve Sezen, 1990). Su emiciliği azdır. Kimyasal bileşimi açısından polisakkaritlerden olan hemiselüloz hidrolize olduğunda şekere dönüşür. Hücre duvarını güçlendirir, depo madde görevi yapar ve geçit zarlarını ayarlar. Ağacın yapısında bulunma oranı %20-35'tir (Türker ve Sezen, 1990). Ağacın yapısal elemanı olmayan ve ağacın türüne göre değişen çeşitli maddelerin oranları ise %0-5' tir.

Bunların dışında ağacın yapısının %50'sini karbon, % 43 oksijen, % 6 hidrojen, % 1 azot ve %0 5 kül (demir, silisyum, magnezyum, kalsiyum, sodyum, potasyum ) içerir. Ayrıca ağacın cinsine göre yapısında, reçine, tanen, albumin, nişasta, şeker, tekstrin, silikat asidi ve bazı boyalı maddeler bulunur.

Guglielmo Giordano'ya göre (Giordano ve diğ., 2008), iğne yapraklı ağaçlar ve yapraklı ağaçların birbirlerine göre kimyasal değişim oranları Çizelge 4.1' de izlenebilir:

Çizelge 4.1 İğne yapraklı ve yapraklı ağaçların kimyasal yapı bileşen oranları (Giordano,2008)

	Selüloz	Lignin	Hemiselüloz	Diğer
İğne yapraklı	50%	18%	26%	6%
Yapraklı	47%	27%	22%	4%

#### 4.4. AĞACIN BİYOLOJİK YAPISI

Ağaç gözenekli yapısı nedeniyle oldukça hafif olan bir organik canlıdır. Ağacın dokusunu oluşturan hücreler, besi özsuğunu depolama ve odunu geliştirme ve pekleştirme işlevlerini üstlenirler. Bunlar:

Trahee: Geniş yapraklı ağaçlarda bulunan ve besi özsuğunu ileten boruları oluşturan hücrelerdir.

Trakeid: Geniş ve iğne yapraklı ağaçlarda bulunan boru gibi olmayan uçları kapalı, iletim sağlayan hücrelerdir.

Paranşim: Geniş ve iğne yapraklı ağaçlarda bulunan ve öz ışınlarını oluşturan hücrelerdir.

Skleranşim: Odun liflerini oluşturan zarları kabuklaşmış birbirine kenetli, hücrelerdir (Türker ve Sezen, 1990).

#### 4.5. AHŞAP MALZEME ÖZELLİKLERİ

Ham maddesi ağaç olan, yapısal açıdan, karbon (C), oksijen (O<sub>2</sub>) ve hidrojen(H<sub>2</sub>)' den oluşan ahşap, lifli, homojen, anizotrop ve organik bir malzemedir (Eriç, 1994). Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlaması, tarihsel açıdan, beton ve çeliğe oranla çok daha eskidir. İnsanların mağaralardan çıkıp kendilerine yaşama mekânı oluşturmaya başladıkları zamanlardan itibaren bir yapı malzemesi olarak kullanılan ahşap, yapısal gereksinimleri karşılama kapasitesi bakımından ana yapı malzemeleri arasında başta gelir. Ahşabın, mevcudiyeti açısından az, taş, kârgir (tuğla, kerpiç gibi) malzemelerin çok rastlanıldığı bölgelerde, kârgir malzemeye ek olarak bir esneme kabiliyeti kazandırması yani kompozit kullanım açısından etkin ve katkısı bakımından yeri doldurulamayan bir yapı malzemesi olduğu gözlemlenmiştir. Ağırlığına oranla yüksek güce sahip, esnek, kuru koşullarda ve dış etkilere karşı yalıtıldığı sürece çok uzun ömürlü, iyi bir ses ve ısı yalıtıcı yapı malzemesi olan ahşap, estetik ve psikolojik açıdan da sıcak bir malzeme oluşu ve kullanım kolaylığı nedeniyle daha çok tercih edilen bir yapı malzemesi olmuştur (Dışkaya, 2004).

##### 4.5.1. Fiziksel Özellikler

###### 4.5.1.1. Renk

Ağacın rengi, mantarlardan bağımsız ve kendi özelliklerine bağlı olarak incelemenin yapıldığı sırada ortamda bulunan neme bağlıdır. Ağacın rengi, bünyesinde bulunan uçucu (ekstraktif) maddelerin hücre duvarlarına verdikleri renk nedeni ile sarımsıdan beyazımsı bir renge dönüşür, yeni kesilmiş ağaç da aynı şekilde kurutma sırasında geçirdiği kimyasal değişikliklerle renk değişimine uğrar. Mantarların varlığı da ağaç

türlerine göre farklı etkilerde bulunarak renk değişikliklerine sebep olurlar (Giordano ve diğ., 2008). Ağaçların renkleri her ne kadar tanınmaları için önem taşısa da, bu çok önemli bir ayırt edici özellik değildir. Ağacın rengi, estetik ve dekoratif açıdan ise oldukça önemli bir özelliktir.

#### 4.5.1.2. Koku ve Tad

Hücrelerinde buldukları reçine, uçucu yağlar, şekerler ve tanen gibi maddeler ağaçlara hoş ve özellikli kokular kazandırır (Giordano ve diğ., 2008). Bu özel kokular kimi zaman kullanılan ahşap malzemeye böcek ve güve gibi zararlıların yaklaşmalarını engelledikleri için evlerde içlerinde kumaş vs gibi organik eşyaların saklandığı çeşitli mobilyaların yapımında da kullanılmışlardır (Örs ve Keskin, 2001). Mantarlardan zarar görmüş ağaçların kokusu sağlam olanlarına göre daha farklı ve kötüdür.

#### 4.5.1.3. Dış Görünüş

Her ağacın kendine özgü bir rengi vardır; bu renkteki ton farklılıkları ağacın kuru olup olmadığına, iyi büyüüp büyümediğine dair bilgi verir. Lifleri düzgün büyümüş ve iyi kurumuş bir ağacın direnci daha yüksek olur, daha iyi işlenir, kayıpları azdır ve lif doğrultusunda sesi çok iyi iletir. Yaş ve çürük ağaçların üzerine vurulduğu zaman boğuk bir ses çıkar.

#### 4.5.1.4. Sertlik

Sertlik, ağacın mukavemeti hakkında kesin ve doğru bir bilgi vermez fakat ağacın işlenmesi ve aşınmaya dayanımı bakımından önemlidir. Ahşabın nem oranı sertliğinde çok önemli bir rol oynar. Bazı ağaçlar yaşken bazıları ise kuru iken işlenir. Bir ağacın yıl halkalarının sertliği de birbirinden farklıdır.

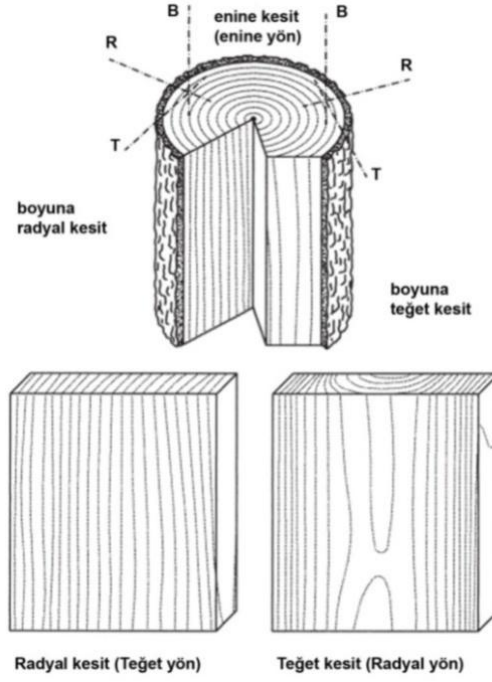
#### 4.5.1.5. Özgül Ağırlık

Ahşabın özgül ağırlığı ağacın türüne ve tomruktan alındığı kısma göre değişir. Öz kısmından, eski ve yeni kısmından çıkartılan kerestelerin ağırlığı başka başkadır. Yeni kesilen yaş bir ağaçta %35-50 kadar su, havada iyi kurutulmuş bir ağaçta %10-20 oranında su bulunur. Sıcaklığı yavaş yavaş yükseltılarak oluşan su buharı dışarıya atılan kurutma fırınlarında ağaç tür ve kalınlığına göre 300 – 1000° C sıcaklıkta 1-10 hafta süreyle günde 12 saat sıcak hava geçirilerek suyu tamamen alınan ağacın birim ağırlığı o ağacın teorik ağırlığıdır.

### **4.5.2. Mekanik Özellikler**

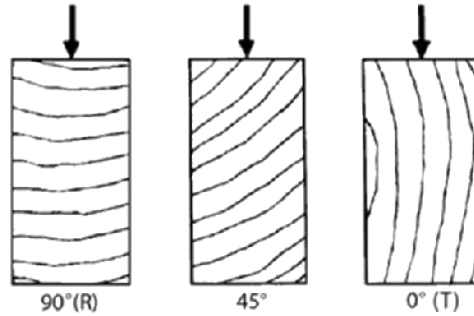
Ahşapta mekanik dış kuvvetlerin sebep olduğu, boyut ve şekil deformasyonları, gerilme ve kırılmaları oluşturan farklı yüklemeler sonucunda, malzemenin karşı

koyma gücü ve bu kuvvetler uygulandıktan sonraki durumunu ortaya çıkartan özellikleri mekanik özellikleridir. Malzemenin dış kuvvetlere karşı verdiği tepki, kuvvetin veya yüklemenin yönü, büyüklüğü, türü ve zamana bağlı olarak değişir (Bozkurt ve Göker, 1996). Malzemenin yüzeyi, yüzey şekli, büyüklüğü ve gerilme biçimi de malzeme dayanımını etkilemektedir. Ahşap malzeme anizotrop oluşu nedeniyle üç ana yönde: enine, radyal ve boyuna (Şekil 4.5) farklı fiziksel ve mekanik özellikler gösterir (Bozkurt ve Erdin, 1997).



Şekil 4.5 Ahşapta enine, boyuna radyal ve boyuna teğet kesitler ve yönler (Zevi ve Tabasso, 2001)

Bu nedenle de mekanik kuvvet etkisi, ağacın türü, özgül ağırlığı, anatomik yapısı, ağacın yetiştiği coğrafi bölgeye ve yetiştirme koşullarına, rutubet oranı, ısı derecesi, kimyasal bileşimi, çürük ya da sağlam oluşuna, yapısal kusuru olup olmasına, kuvvetin etkilediği yön ile lif doğrultusu arasındaki açığa bağlı olarak (Şekil 4.6) değişmektedir (Bozkurt ve Göker, 1996).



Şekil 4.6 Yıllık büyüme halkaları ve yük doğrultusu ilişkisi: 90° radyal yön, 45°, 0° teğet yön, (Wood Handbook, USDA Forest Service)

Ahşap malzemenin mekanik özelliklerinin test edilmesi ve belirlenmesi bu nedenle çelik gibi homojen olan diğer yapı malzemelerine göre oldukça karmaşıktır. Bununla birlikte ahşabın mekanik özelliklerinin belirlenmesi için çeşitli yükleme deneyleri yapılır. Bu yüklemeler: basınç, çekme, eğme, makaslama ve bükme zorlama şeklinde olur ve sonuçta malzemenin mekanik özelliklerini belirleyen değerler belirlenir. Ahşap malzemenin mekanik özellikleri:

Elastisite (elastiklik) modülü,

- Basınç direnci,
- Çekme direnci,
- Eğilme direnci,
- Makaslama direnci,
- Yarıлма direnci,
- Dinamik eğilme (şok) direnci,
- Sertlik,
- Aşınma direnci,

şeklinde sıralanabilir.

Ahşap, lifli ve boşluklu bir yapısı olduğu için hafif bir malzemedir. Buna karşılık, taşıma gücü açısından, liflere paralel ve dik yönde farklılıklar içermesine karşın oldukça yüksek mukavemete sahiptir. Organik bir malzeme olan ahşabın dayanımını etkileyen faktörler arasında ısı ve nem oldukça büyük bir önem taşır. Çizelge 4.2' de çeşitli ahşap cinslerine ait mekanik ve fiziksel özellikler verilmiştir.

Çizelge 4.2 Ahşabın mekanik ve fiziksel özellikleri (Eriç, 1994)

Ağaç Cinsi	Fiziksel Özellikler			Mekanik Özellikler N/mm <sup>2</sup>								
	Birim Ağırlık $\Delta$ g/cm <sup>3</sup>	Deformasyon $\alpha$ %	Isı İletkenlik Katsayısı $\lambda$ kcal/mhC <sup>o</sup>	$\sigma_{\text{çekme}}$ $\sigma_{//}$ $\sigma_{\perp}$		$\sigma_{\text{basınç}}$ $\sigma_{//}$ $\sigma_{\perp}$		Makaslama $\tau$	Eğilme $\sigma$	Elastiklik modülü E	Brinell sertlik H	
Çam	0.50	12.3	0.27	104	2.1	37.9	4.6	3.6	64.8	10200	23	7
Ladin	0.43	11.5	0.19	-	-	31.1	4	-	69	8300	37	14
Kök nar	0.43	12.2	-	62	1.5	37.4	4.5	4.6	73	8300	19	14
Kayın	0.86	15.5	-	66	2.3	36.5	1.2	5.4	87	12500	56	25
Meşe	0.89	12.2	0.58	90	4.0	61	11	11	98	11700	64	41
Kavak	0.45	12.8	-	-	1.7	40	2.7	6.8	52	7000	23	10
Gür gen	0.83	16.2	-	135	24.5	66	12	7.4	130	16200	71	36
Diş budak	0.85	13.2	0.26	165	70	52	11	12	120	13400	65	-
İhlamur	0.53	14.9	0.36	85	-	52	-	4.5	106	740	-	16
Kestane	0.58	13.3	-	135	-	47	-	8	89.6	9000	38	18
Kara ağaç	0.64	13.2	-	90	4.0	56	10	7	89	11000	44	30

Ahşap yapılarda kullanılan malzemelerin mekanik özelliklerin bilinmesi, taşıyıcı sistem tasarımı, yapı elemanlarının konumları ve kesitlerinin belirlenebilmesi bakımından önemli bir kıstas oluşturur. Çizelge 4.3' te yapı elemanlarının karşılaştığı yüklere bağlı olarak mekanik özellikleri görülmektedir.

Çizelge 4.3 Ağaç Malzemenin Önemli Mekanik Özellikleri (Bozkurt ve Erdin, 1997)

Direnç Tipleri	Direnç Tipinin Önemli Olduğu Yerler
Eğilme direnci	Kirişlerde
// Liflere paralel basınç direnci	Kısa direk ve sütunlarda
⊥ Liflere dik basınç direnci	Taşıyıcı kirişlerle bağlantıda olan çeşitli ağaç kısımlarda
// Çekme direnci	Bir kirişle bağlantıdaki yapısal elemanların alt kısımlarında
⊥ Liflere dik çekme direnci	Binalarda yapısal kısımlar arasındaki bağlantılarda
// Liflere paralel makaslama direnci	Çoğunlukla kısa kirişlerin yük taşıma kapasitesinde
Dinamik eğilme (Şok) direnci	Ani yüklemeye maruz kalan yerlerde
Sertlik	Döşeme, merdiven gibi aşınmaya maruz kalan yerlerde
Elastisite modülü	Doğrudan sertlikle ilgili olup kiriş ve uzun sütunlarda

#### 4.5.2.1. Mekanik Özelliklerin Diğer Yapı Malzemeleriyle Karşılaştırılması

Malzemeler etkisi altında buldukları kuvvetin yönüne göre negatif veya pozitif deformasyonlara uğrarlar. Pozitif deformasyonlar basınç etkisi ile gerçekleşirken negatif deformasyonlar çekme etkisinde oluşurlar (Eriç, 1994). Malzemelerin kuvvet etkisi altında birim boy uzamalarının veya kısaltmalarının boylarına oranı:

$$\varepsilon_l = \frac{\pm \Delta l}{l} \quad \text{iken} \quad (4.1)$$

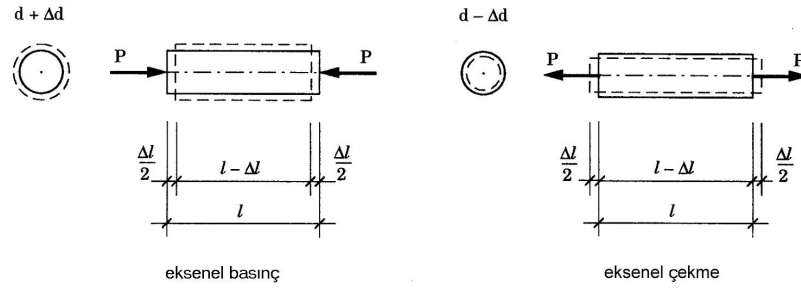
Aynı orantı negatif veya pozitif kuvvet etkisi altında değişime uğrayan malzeme çapı için de kurulabilecektir:

$$\varepsilon_d = \frac{\pm \Delta d}{d} \quad (4.2)$$

Malzemenin birim boy değişim oranının çapındaki değişim oranı ise Poisson oranı ( $\nu$ ) dir, (Şekil 4.7).

$$\nu = \frac{\varepsilon_l}{\varepsilon_d} \quad (4.3)$$





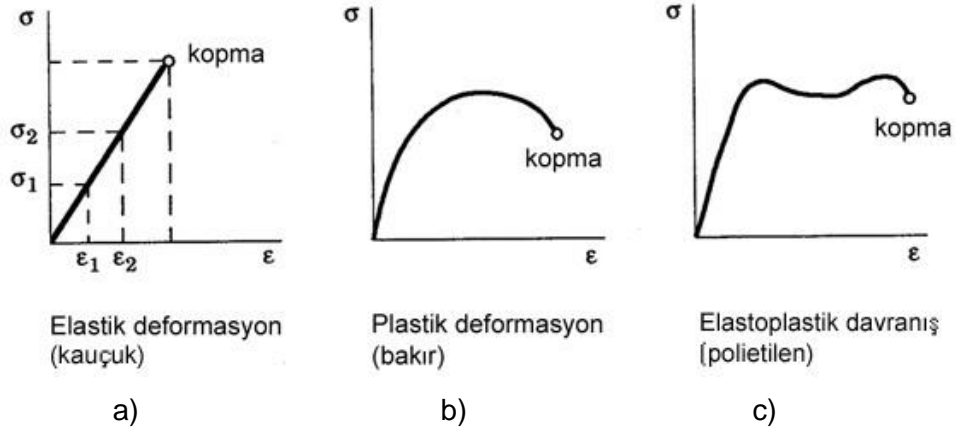
Şekil 4.7 Eksenel basınç ve eksenel çekme durumları (Eriç, 1994)

Malzemenin etki eden kuvvet değerindeki artışa göre vermiş olduğu cevaplar malzeme içyapısındaki farklılıklara bağlı olarak değişiklikler içerirler. Şekil 4.8' deki gerilme deformasyon eğrilerine göre bu değişiklikler üç biçimde gözlemlenebilirler: Malzemenin gerilme deformasyon eğrisinin doğru orantılı olduğu, üzerindeki kuvvet etkisi kalktığı zaman eski biçimine döndüğü davranış biçimi Şekil 4.8a' da görüldüğü üzere elastik deformasyondur.

Gerilme ile birim boy uzama oranının doğrusal olması hali Hooke kanunu ile ifade edilir:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (\text{km/cm}^2) \quad (4.4)$$

Şekil 4.8. b' de görülen plastik davranışta malzeme bir süre elastik davranır, gerilme değeri limite ulaştınca, akmaya başlar ve plastik deformasyona uğrayarak tekrar eski haline dönemez. Gerilmenin maksimum değere ulaşması halinde artık akamayan malzemede kopma görülür. Şekil 4.8.c' de görülen ise malzemenin bir süre elastik davranması daha sonra ağır bir şekilde akmaya devam etmesi sonuç olarak da kopma davranışı gösterdiği elastoplastik davranıştır. Malzemenin bu davranış biçimlerini, ısı, fiziksel olarak çatlaklar ve korozif yapı ( Eriç, 1994) etkiler.



Şekil 4.8 Farklı malzemelerde deformasyon durumları (Eriç, 1994)

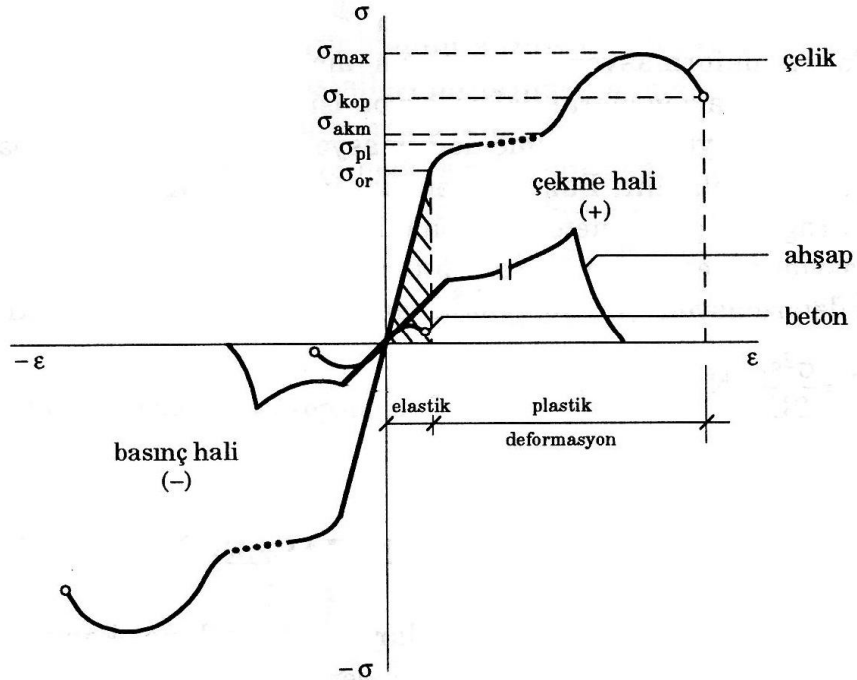
Malzemeler, içyapılarına göre, metal, ahşap, termoplastikler gibi kopma süresi uzun olanlar sünek, cam, beton, seramik gibi kısa olanları, gevrek malzeme olarak adlandırılırlar.

Ağacın anizotrop yapısı nedeni ile teğet, radyal ve liflere paralel yöndeki mekanik özellikleri ve elastisite modülleri farklılık göstermektedir. Bununla birlikte liflere paralel doğrultuda elastisite (esneklik) modülü en yüksek değere sahiptir. Türkiye’de yetişen ağaçların elastisite modülleri diğer malzemeler ile farkı Çizelge 4.4’ te izlenebilir.

Çizelge 4.4 Ahşap ve diğer malzemeler arasındaki elastisite modülü farklılıkları (Bozkurt ve Erdin, 1997)

Malzeme	Elastisite Modülü N/mm <sup>2</sup>
Çelik	200000
Bakır	100000
Alüminyum	70000
Ahşap	7000 – 16000
Taze deri	250

Şekil 4.9’ da ise çelik, ahşap ve beton gibi malzemelerin aynı gerilme kuvvetleri karşısında göstermiş oldukları deformasyon durumları görülmektedir.



Şekil 4.9 Çeşitli malzemelerin gerilme-birim deformasyon eğrileri (Eriç, 1994)

#### 4.6. AHŞAP MALZEME VE NEM İLİŞKİSİ

Ahşaptaki nem derecesinin mukavemet değeri üzerinde büyük bir etkisi vardır. Buna karşın nem oranının %30'u geçmesi halinde mukavemet sabit kalır.

Ahşaptaki nem oranı matematiksel olarak:

$$R = \frac{G_y - G_k}{G_k} \times 100 \quad (4.5)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada:

$G_y$ = Yaş ağırlık (gr),

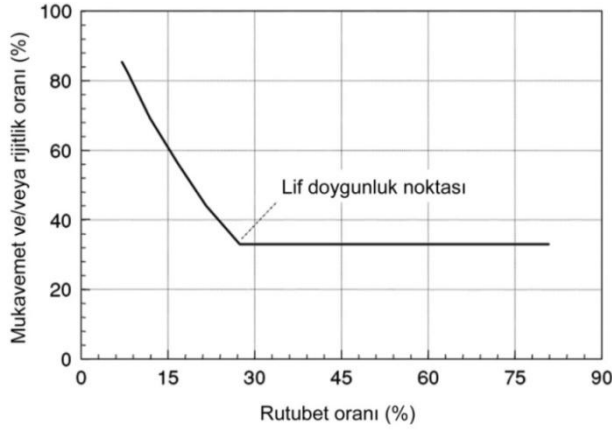
$G_k$ = Kuru ağırlık(gr) tır (Duman ve Ökten, 1988)

Nem oranı bakımından ahşap, yürürlükteki şartnameye göre, üç gruba ayrılır (Çizelge 4.5):

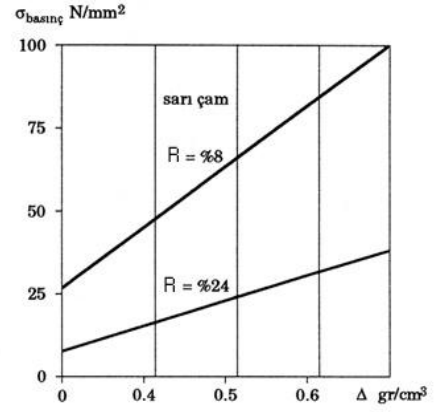
Çizelge 4.5 Ahşap şartnamesine göre nemlilik oranları (Duman ve Ökten, 1988)

Ahşap	Nemlilik Derecesi
KURU	$R \leq 20$
YARIKURU	$20 < R \leq 30$ (*)
YAŞ	$R > 30$ (*)
(*) KESİT ALANI $F > 200\text{cm}^2$ İSE 30 YERİNE 35	

Ahşabın mukavemeti içerdiği nem oranına bağlı olarak artıp azalabilmektedir. Bu bakımdan geleneksel ahşap yapılarımızda restorasyon aşamasında yapılacak olan müdahaleler malzemenin içerisindeki nemi tutacak şekilde değil mevcut nemin bünyeye alınmaması veya alınmış olan nemin kolaylıkla dışarıya atılabilmesine yönelik olmalıdır. Şekil 4.10' da (Kermani ve Porteous, 2007) ahşabın içerdiği rutubet mukavemet ve/veya rijitlik oranı ilişkisi, Şekil 4.11'de (Eriç, 1994) ise ahşabın özgül ağırlığı içerdiği nem ve mukavemet değerleri görülmektedir.



Şekil 4.10 Ağacın rutubet ve mukavemet ve/veya rijitlik oranları arasındaki ilişki (Kermani ve Porteous, 2007)

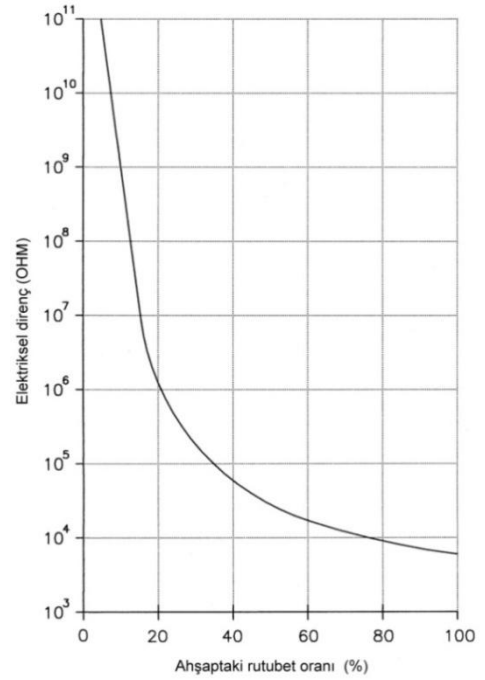


Şekil 4.11 Ahşabın özgül ağırlık-rutubet ve mukavemet ilişkisi (Eriç, 1994)

Günümüzde ahşabın içerdiği nem miktarını ölçmek için kullanılan çeşitli elektrikli ölçüm aletleri bulunmaktadır. Ahşabın içerdiği nem miktarına bağlı olarak elektrik akımını iletmeleri esasıyla çalışırlar Resim 4.1. Şekil 4.12' de ise ahşaptaki nem oranı ile elektriksel direnç arasındaki ilişkiye ait grafik görülmektedir.



Resim 4.1 Örneklere rutubet ölçümü (Fotograf: Dışkaya)



Şekil 4.12 Ahşapta rutubet direnç ilişkisi (Uzielli ve diğ., 2003)

#### 4.7. AHŞABIN KURUTULMASI

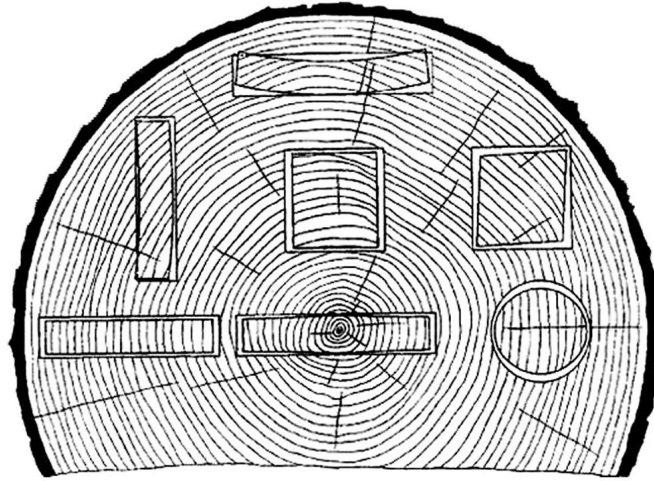
Kesilen ağaçların faydalı bir şekilde kullanılabilmesi için bünyelerinde buldukları su oranının, ağacın kullanım amacına uygun olarak düşürülmesi gerekmektedir. Bu orana ulaşılan ahşap malzemenin kurutulması gerekmektedir. Rutubetli ortamda ve dış cephede kullanılan malzemeler için

kurutma oranı %12-15, soba ile ısıtılan mekânlar için %10-12, kaloriferle ısıtılan mekânlar için ise %8-10 olmalıdır (Örs ve Keskin, 2001). Bu nedenle ağacın bünyesinde bulunan öz su ve emme suyu çeşitli buharlaştırma yöntemleri ile uzaklaştırılmalıdır.

Kurutma sırasında ağacın hücrelerindeki su azalacağı için kesitlerde çekme nedeniyle deformasyonlar oluşur. Ahşap anizotrop bir malzeme olduğu için, üç ana (radyal, teğet ve liflere paralel) doğrultudaki çekme oranları birbirinden farklı olacaktır. Bu oranlar:

- Liflere paralel doğrultuda: % 1'den az,
- Radyal doğrultuda % 3-6,
- Teğet doğrultuda % 5-12' dir (Giordano ve diğ., 2008).

Ahşabın kurutulması sırasında oluşacak şekil bozukluklarından kaynaklanabilecek kesit kayıplarını en aza indirmek için ağacın tomruk halinde iken yarım ve çeyrek daireselik kesitler haline getirilmesi ve ahşap %12 nem oranına değin kurutulduktan sonra istenilen dik açılı yapı kerestesi kesitlerine getirilmesi daha uygundur (Giordano ve diğ., 2008). Ağaç tomruğunun farklı bölgelerinden elde edilen kereste kesitleri kurutmaya bağlı olarak farklı deformasyonlar ve şekil değişiklikleri gösterirler (Kermani ve Porteous, 2007), (Şekil 4.13).



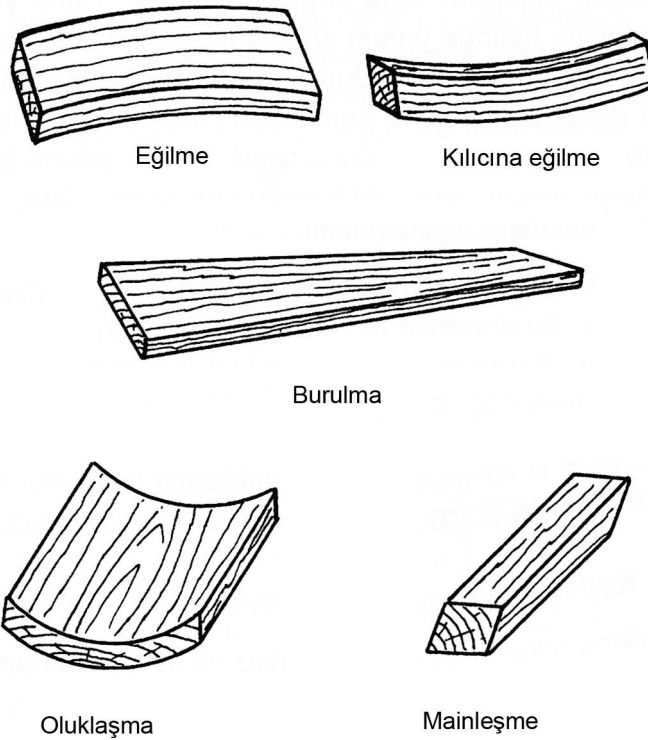
Şekil 4.13 Ahşapta kurutmaya bağlı çekme ve şekil değiştirme durumu (USDA, Forest Service)

Ağaç tomruk halinde kurutulurken anizotropik yapısı nedeni ile radyal yönde V şeklinde çatlak oluşması da mümkündür (Resim 4.2).



Resim 4.2 Ağaçta kurutmaya bağlı V şeklinde radyal çatlak (Fotograf: Dışkaya)

Ahşap malzemeler lif doygunluk noktasının altındaki değerlerde kurutulduğu zaman ahşabın anizotrop yapısı nedeni ile teğet radyal ve enine yönlerde farklı değerlerde çekme oluşacağı için ahşap kesitlerinde oluşan deformasyonlar Şekil 4.14' de izlenebilir.



Şekil 4.14 Ahşapta kurutmaya bağlı şekil değişiklikleri (Örs ve Keskin, 2001)

Kurutma ahşap içerisindeki suyun buharlaştırılarak uzaklaştırılması işlemidir. İki şekilde yapılır:

a) Doğal kurutma: Bu yöntem, büyük bir tesise ihtiyaç göstermez, ağacın doğal renginin daha iyi korunmasını sağlar ve açık havada kullanılacak kereste için daha elverişlidir. Buna karşılık kurutma süresi uzundur, istenilen kurutma derecesine ulaşamaz. Kurutma süresi içerisinde ağaçlara mantar ve böcek istilası olur ve istifler uzun süre yer kaplar.

a.1) Kuru yöntem: Ormanda kesilen ağaçlar, kapalı bir yere taşınırlar. Topraktan nem almayacak ve birbirine temas etmeyecek şekilde ahşap ızgaralar üzerinde tasnif edilirler. Zaman içerisinde ızgara üzerindeki yönleri değiştirilerek her taraflarının eşit hava alması sağlanır. Bu işlem sonucunda nem oranı %15 - % 20'ye düşürülür. Fakat işlem 1–4 yıl sürmesi bakımından oldukça uzun bir zaman alır (Türker ve Sezen, 1990).

a.2) Yaş yöntem: Bu yöntemde ormandan kesilen ağaçların kabukları soyulur ve tatlı akarsuda birkaç ay süreyle bekletilirler. Bu yöntemin amacı bünye suyunun bu suyla yer değiştirmesidir. Sudan çıkarılan ahşaplar sundurmalar üzerinde tekrar ızgaralar oluşturularak çabuk kurutmaya tabi tutulurlar. Bu yöntemde mantar hastalığına rastlandığı da söylenmektedir.

b) Yapay kurutma: Doğal kurutmada elde edilemeyen %15-20'lik kurutma oranının elde edilmesi için uygulanır (Günay, 2002).

Birkaç yöntemi vardır:

b.1) Soğuk hava ile kurutma: Kereste salıncakta sallanıp döndürülerek bünyesindeki su merkezkaç kuvveti ile atılır.

b.2) Kapalı fırınlarda kurutma. Özel fırınlarda 80-90°C ısıdaki sıcak hava ve su buharı uygulanması ile yapılır.

b.3) Yüksek ısıda kurutma: 100°C 'nin üzerindeki hava ve buhar uygulanması ile yapılır.

#### **4.8. AHŞABIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİ AZALTAN ETKENLER**

İdeal ahşap yapı malzemesinin elde edildiği ağacın silindirik yapıda, daire kesitli, yıllık halkaları eşit aralıklı ve lifleri ağaç aksına paralel olması gerekmektedir birlikte (Zevi ve Tabasso, 2001) yapı malzemesi üretiminde kullanılacak olan ağaçların büyüme koşulları, genç, ergin veya yaşlı ağaç olmaları, biyolojik ve biyolojik olmayan etkilerle oluşan kusurlar, fiziksel ve mekanik özelliklerini doğrudan etkiler. Organik bir malzeme olduğu için, neme bağlı çürüme, renk değişikliği, böceklenme, su ve deniz ortamında mikroorganizma ve kabuklu hayvanların etkileri, yangın,

atmosferik etkiler ve metal korozyonu ahşapta aşınma yaratan unsurlar olacaktır (Bozkurt ve Erdin, 1997). Ahşap malzemenin sınıflandırılabilmesi de kusurları doğrultusunda oluşan fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlıdır.

Ahşabın mekanik özelliklerini azaltan özellikler aşağıda sıralanacağı gibi:

- Ağacın yetiştiği ortamdaki zemin ve büyüme koşullarına bağlı fiziksel kusurlar,
- Biyolojik etkenler ve
- Biyolojik olmayan etkenler şeklindedir.

#### 4.8.1. Ahşabın Fiziksel Kusurları

Ahşap malzemedeki ağacın yetiştiği coğrafya ve iklim koşullarına bağlı olarak oluşan büyümesi sırasında bozulmalara neden olan koşullar:

- Arazi yapısı,
- Kuraklık,
- Güneş azlığı,
- Güçlü hâkim rüzgâr,
- Aşırı soğuklar ve don (Günay, 2002) şeklinde sıralanabilir.

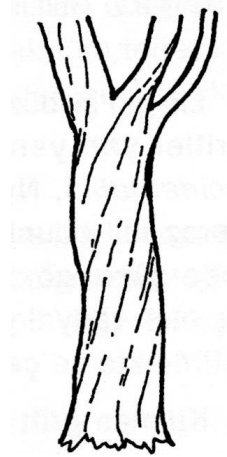
Belirtilen koşullarda yetişen ağaçlarda ortaya çıkabilecek kusurlar:

##### Dönerek Büyüme:

Rüzgârın tek yönlü esmesi, güneşin tek yönden alınması ağacın burularak büyümesini sağlar, bu da çekme ve basınç gerilmelerini azaltır. Ahşabın çatlama ve eğilmesine sebep olur (Resim 4.3, Şekil 4.15).



Resim 4.3 Ağaçta kıvrık lif  
(Örs ve Keskin, 2001)



Şekil 4.15 Meşe sağa spiral lif  
(Bozkurt ve Erdin, 1997)



### Ağacın Çatallanması:

Ağacın gövdesinin büyürken ikiye veya daha fazla gövdeye ayrılması ile ortaya çıkar. Yeterli çap büyüklüğüne erişmeyen ağaçlarda uzun kiriş elde edilemez (Resim 4.4, Resim 4.5).



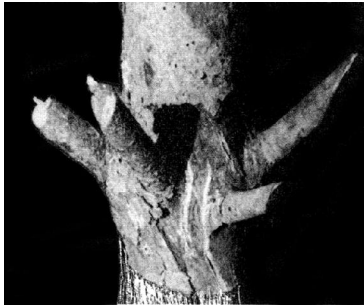
Resim 4.4 İki gövdeli ağaç kesiti(Fotograf: Dışkaya)



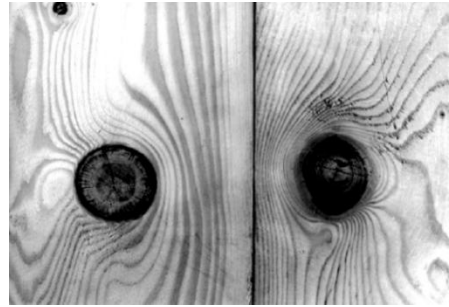
Resim 4.5 İki gövdeli ağaç (Bonamini ve diğ., 2006)

### Çok Sayıda Dal:

Ağacın doğrusal büyümesi için gövdesinden çıkan dallar kesilir. Bu dalların çıkış yerleri ise budakları oluşturur. Ahşabın fiziksel açıdan güçlü olabilmesi için budak boyutlarının büyük olmaması gerekir. Belli oranların üzerinde olan budak boyutları ahşabın mukavemetini düşürür (Resim 4.6, Resim 4.7).



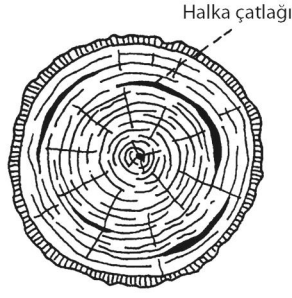
Resim 4.6 Ağaçta çok dallılık görünümü(Giordano ve diğ., 2008)



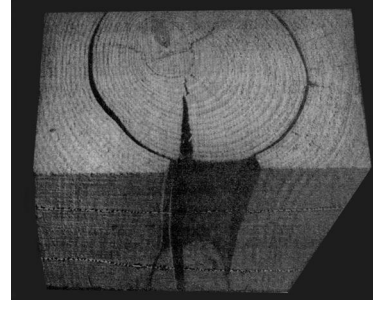
Resim 4.7 Ahşap kesitinde budak WoodHandbook, USDA Forest Service)

### Halka Çatlağı:

Şiddetli rüzgârlar ve kuvvetli donların sonucu ağacın yıl halkaları arasında oluşan çatlaklar çürümeyi kolaylaştırır ve ağacın direncini azaltırlar (Türker ve Sezen, 1990), (Şekil 4.16, Resim 4.8).



Şekil 4.16 Ağacın yıllık halkaları  
çatlağı arasında çatlak (Örs ve Keskin, 2001)



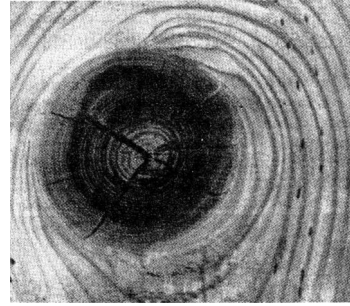
Resim 4.8 Köknar ağacında halka  
çatlağı (Giordano ve diğ., 2008)

### Öz Çatlağı:

Çok yaşlı ağaçlarda rastlanır. Yazın yapılan kesimlerde fazla görülür. Kadran şeklinde (Resim 4.9) ve yıldız şeklinde olabilir (Resim 4.10), (Günay, 2002).



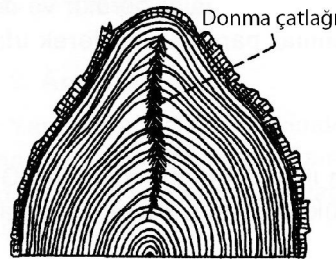
Resim 4.9 Ağaçta kadran şeklinde çatlak  
donma çatlağı (Fotograf: Dışkaya)



Resim 4.10 Ağaçta yıldız çatlak ve  
donma çatlağı (Giordano ve diğ., 2008)

### Donma Çatlağı:

Çok şiddetli soğuklarda ağacın yarıçapı doğrultusunda oluşan derin çatlaklardır (Günay, 2002), Şekil 4.17.

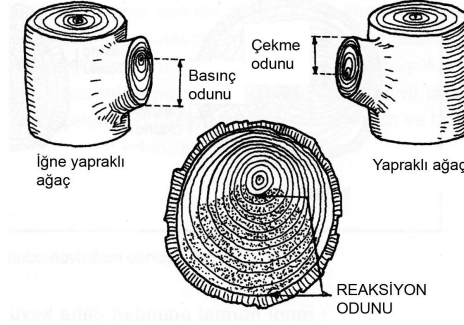


Şekil 4.17 Donma çatlağı (Örs ve Keskin, 2001)

### Kaçık Öz (Reaksiyon Odunu):

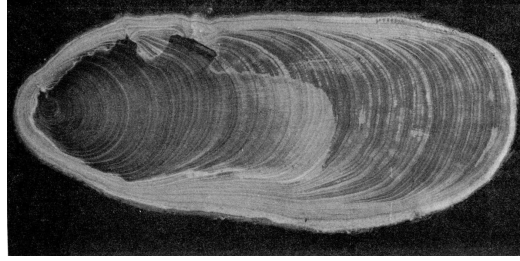
Tek yönlü rüzgâra maruz kalma, arazi eğimi, kar, yer çekimi, ışık durumu -dengesiz güneşlenme- hallerinde veya ağacın cinsine bağlı olarak ağacın gövdesini eğilmeye zorlayan etkiler karşısında dik büyümek için tek yönlü destek sağlayan bir hücre yapısı geliştirmesi sonucu oluşur (Günay, 2002), (Örs ve Keskin, 2001). Bu oluşan

kaçık özlü odun yapısı reaksiyon odunu olarak adlandırılır. Reaksiyon odunu, iğne yapraklı ağaçlarda basınç odunu, yapraklı ağaçlarda çekme odunu şeklinde oluşur Şekil 4.18, Resim 4.11.



Şekil 4.18 Reaksiyon odunu (Örs ve Keskin, 2001)

Reaksiyon odununda yıl halkalarının belli bir çap doğrultusuna göre sıklaşması söz konusudur. Açıklık geçen kirişlerde kullanılmaması gerekir.



Resim 4.11 Dik yamaçta kar birikimi nedeni ile Ladin ağacında oluşan basınç odunu (Giordano ve diğ., 2008)

#### Oluklu Gövde Oluşumu:

Ağaç gövdesinin zemine yakın bölgelerinde yıllık halkaların dalgalı ve girintili çıkıntılı olma durumudur. Bazı ağaç türlerinde irsî olarak ortaya çıkan bir özelliktir (Örs ve Keskin, 2001), Resim 4.12.



Resim 4.12 Ağaçta oluklu gövde kesiti (Fotograf: Dışkaya)

### Eğri Gövde:

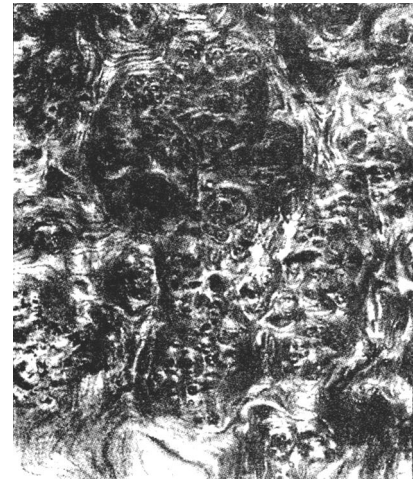
Ağaçların hâkim rüzgâra ve arazi eğimine bağlı olarak bir yöne doğru eğilmeleriyle oluşur. Doğal olarak eğri olması gereken payanda gibi taşıyıcıların yapımında kullanılırlar (Günay, 2002), Resim 4.13.

### Yumrulanma:

Büyüme sırasında ağacın yıl halkalarının gövde dışına doğru çıkması ve burada bir yumru meydana getirmesi halidir. Bu bölgeler mobilyacılıkta değer kazanır (Türker ve Sezen, 1990), Resim 4.14.



Resim 4.13 Kayın ağacında iki yana doğru eğrilik (Bozkurt ve Erdin, 1997)



Resim 4.14 Karaağaçta urlu yapı (Örs ve Keskin, 2001)

### **4.8.2. Biyolojik Etkenler**

Ahşap ağırlıklı olarak organik maddelerden oluşan bir malzeme olduğu için bu maddelerle beslenen mantarlar ve böcekler tarafından kolaylıkla tahrip edilebilir. Mantarlar ve böcekler, diğer organizmalar olan bakteriler ve deniz organizmaları ile kıyaslandığında verdikleri zarar ve tahribat diğerlerine oranla oldukça fazladır (Zevi ve Tabasso, 2001).

Ahşap malzemedeki bozulmaya neden olan biyolojik etkenler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Mantarlar
- Böcekler

Diğer organizmalar (yumuşakçalar, kabuklular, bakteriler, vb)

- Sarıcı bitkiler (Ökseotu, Morsalkım),
- Hayvanlar (Kuşlar, kemirgenler) (Zevi ve Tabasso, 2001).

#### 4.8.2.1. Mantarlar

Mantarlar ahşap malzemede renk değişikliği ve çürümeye sebep olan klorofilsiz basit bitkilerdir. Bu nedenle klorofili diğer bitkilerden alarak beslenirler (Örs ve Keskin, 2001). Mantar hüfleri (miselyum)<sup>5</sup> salgıladıkları enzimlerle karbonhidratlı maddeler ve lignini ayrıştırıp şeker gibi basit bileşiklere dönüştürerek enerji sağlarlar (Bozkurt ve Erdin, 1997) .

Mantarlar:

- Ahşaba renk veren mantarlar:
- Küf mantarları,
- Renk mantarları (Mavi renk mantarları),
- Ahşapta çürüklük oluşturan mantarlar:
- Yumuşak çürüklük mantarları,
- Esmer veya kırmızı çürüklük (destrüksiyon çürüklüğü) mantarları,
- Beyaz çürüklük (korozyon çürüklüğü) mantarları,

şeklinde sınıflandırılırlar (Bozkurt ve Erdin, 1997),( Örs ve Keskin, 2001).

#### Ahşaba Renk Veren Mantarlar:

- Çok yüksek rutubet oranına sahip ahşaplara yerleşirler (R>30);
- Ahşapta nişasta, protein ve şeker gibi maddelerle kolayca beslenebilecekleri diri odun bölgesinde yaşarlar ve hücre duvarına zarar vermezler;
- Koyu renk hüfleri ahşaba koyu mavi bir renk verir. İğne yapraklı ağaçlardan çok yapraklı ağaçlara zarar verirler;
- Ahşabın mekanik değerlerini fazla etkilemezler fakat sebep oldukları renkler nedeni ile ticari değerini düşürürler (Zevi ve Tabasso, 2001).
- Ahşapta çürüklük oluşturan mantarlar:
- Bu tür mantarlar, ahşabın hücre duvarını tahrip ederler ve ahşabın rengini, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin değişmesine neden olurlar:
- Rutubet oranı %18-20'den yüksek olan ahşaplarda oluşabilirler (bazı ahşaplar içerisinde rutubeti daha nemli bölgeden daha kuru bölgeye taşıyabilirler;

---

<sup>5</sup> Mantarlarda ipliksi yapıdaki talluslar. Miselyum 2. Zincir biçimindeki moleküllerin düzenli bir şekilde dizilerek yaptığı topluluk. TDK, BSTS / Biyoloji Terimleri Sözlüğü 1998. Misel: Mantarların vejetatif organları, trahee, traheid, lifler ve öz ışını hücrelerinde gelişen mikroskobik iplikçikler (hüf), (Örs ve Keskin, 2001, s. 35).

- Ahşaplar kendilerini işgal eden mantarların koyu veya açık renk oluşlarına göre değerlendirilebilirler: Daha açık renkli (beyaz çürük, hem selülozu hem de lignini tahrip eder, daha koyu renkli olanları (kahverengi çürük, selülozu tahrip eder) (Resim 4.15);
- Mantarların varlığı ahşabı daha hafif, zayıf ve kırılğan yapar. Ağaçta enine çatlakların neden olduğu hücre yıkımları oluşturur;
- İleri derecede mantar işgali olmasa ve ahşap ağırlığını fazla kaybetmese de ahşabın mekanik kuvveti oldukça büyük miktarda azalır. Çok rutubetli ortamlarda ahşap ve/veya diğer malzemeler üzerinde küflenme meydana gelir bunlar Aspergillus, Penisilin gibi gerçek mantar özelliği göstermeyen organizmalardır, ahşabın içine nüfuz etmezler, ahşabın mekanik özelliklerini çok fazla azaltmazlar fakat vernik ve boyaya gereksinim oluşmasına neden olurlar, (Zevi ve Tabasso, 2001).



Resim 4.15 Köknar ağacında kahverengi çürük (Zevi ve Tabasso, 2001)

Geleneksel ahşap yapılarda rutubet ve mantarlara bağlı bozulma, çürüme ve tahribat bölgelerine dair örnekler için bkz. EK A.

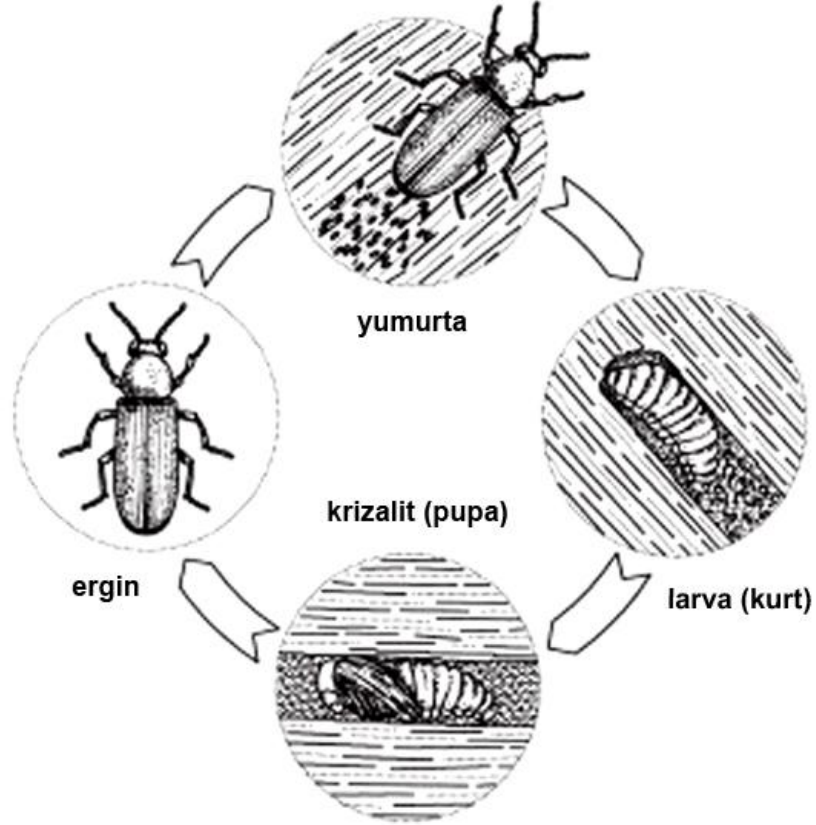
#### 4.8.2.2. Böcekler

Ağaç yiyerek beslenen hayvanlar arasında pek çok böcek türü bulunmaktadır. Böcekler, ahşabın bünyesine yumurtlamak, beslenmek ve yuva yapmak amacı ile yerleşirler. Böcek yaşamında, yumurta, larva (kurt), krizalit (pupa) ve ergin dönem olmak üzere dört dönem bulunmaktadır. Şekil 4.19' da mobilya böceğinin (anobium punctatum) yaşam döngüsü izlenebilir. Bu döngüde ilk olarak ergin böcek yumurtalarını ahşabın yüzeyine bıraktırmakta, yumurtadan çıkan larvalar ağaçta galeriler halinde tüneller kazmakta ve bu sırada ağaca dışkısını ve tahrip ettiği ağaç talaşlarını bırakmaktadır. Larvanın ağaçta bir yandan tünel açarken beslenerek büyüdüğü -bu süreç ahşabın türü ve iklim koşullarına bağlı olarak birkaç ay ilâ birkaç

yıl sürebilir- ve krizalit haline dönüştükten sonra, ergin duruma gelince de ağacı terk eder (Zevi ve Tabasso, 2001).

Yalnızca iğne yapraklı ağaçlara, yalnızca yapraklı ağaçlara ya da her ikisine de zarar veren böcekler olduğu gibi tek bir ağaca (monophag) ya da birkaç ağaç türüne birden (polyphag) zarar veren böcekler bulunmaktadır.

Türkiye’de ağaç ve ahşap malzemeyi tahrip eden böcek türleri ve tahrip ettikleri ağaç türleri Çizelge 4.6’ da izlenebilir.



Şekil 4.19 Mobilya böceğinin (*Anobium Punctatum*) yaşam döngüsü şeması.

Böcekler beslendikleri ağaçların fiziksel durumlarına göre:

1. Yeni kesilmiş ağaçlarla beslenen primer böcekler:
2. Kurumuş ağaçlarla beslenen sekonder böcekler:
3. Çürümüş ağaçlarla beslenen tersiyer böcekler,

şeklinde üçe ayrılırlar (Örs ve Keskin, 2001). Böceklerin hücre çeper maddesini yiyebilmeleri için, ahşabın rutubetli ortamda üreyen bakteri ve mantarlar tarafından istila edilmeleri gerekmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Çizelge 4.6 Türkiye’de ağaç ve ahşap malzemeyi tahrip eden böcekler (Bozkurt ve Erdin, 1997)

Familyası	Böcek Türü	Bölgesel Adı	Tahrip Ettiği Materyal
Anobiidae	Anobium punctatum	Mobilya böceği	İğne yapraklı ve yapraklı eski malzeme
Lyctidae	Lyctus brunneus	Kahverengi diri odun böceği (parke böceği)	Geniş yapraklı yeni malzeme
Bostrichidae	Bostrychus capicinus	Kukuletalı odun delen	Geniş yapraklı yeni malzeme, bazen iğne yapraklı yeni malzeme
Cerambycidae	Hylotrupes bajulus	Ev teke böceği	İğne yapraklı yeni malzeme
Curculionidae	Hylobius abietis	Büyük kahverengi hortumlu böcek	İğne yapraklı ve yapraklı eski malzeme

Ahşabın bulunduğu yerlere göre zarar veren böcekler:

A. Yeni kesilmiş tomruklar:

- Kabuk böcekleri (Scolytidae Ipidae),
- Teke böcekleri (Cerambycidae),
- Odun arıları (Siricidae): Sirex gigas L. (Ağaç arısı),
- Kelebekler (Lepidoptera),

B. Depolardaki ahşap malzeme:

- Teke böcekleri (Cerambycidae),
- Tersane böcekleri,
- Karıncalar (Formicidae),
- Termitler (Isoptera),

C. Yapı içlerinde kullanılan ahşaplar:

- Teke böcekleri: Ev teke böceği (Hylotrupes bajulus),
- Kemirici böcekler (Anobiidae): Anobium Punctatum De Geer (Ölü saati, Mobilya böceği), Xestobium rufovillosum De Geer (İri ağaç kurdu), Parke böceği veya diri odun böceği,

şeklinde sınıflandırılabilir (Örs ve Yalçın, 2001).



Ağaç ve yapısal ahşaplar böcekler tarafından istilâ edildiği zaman hem ahşabın estetik görünümü hem de mekanik değerleri azalır (Resim 4.16, Resim 4.17).



Resim 4.16 Böceklenmiş ağaç görünüşü (Uzielli ve Bonamini, 2006)



Resim 4.17 Böceklenmiş ağaç kesiti (Uzielli ve Bonamini, 2006)

Ahşap yapıların böceklerle karşı korunabilmeleri için rutubet önlemlerinin alınmış olmaları gerekmektedir. Geleneksel ahşap yapılarda nem ve böceklerle bağlı bozulma ve tahribat örnekleri için bkz. EK A, ahşap yapı elemanlarında böceklenme örnekleri için bkz. EK B.

#### 4.8.2.3. Diğer organizmalar (yumuşakçalar, kabuklular, bakteriler, vb)

Denizde bulunan ve ahşap malzemelerle yapılmış kazıklı temeller, tekneler, iskele direkleri, denizde yaşayan bazı canlılar tarafından tahrip edilirler. Bu zararlıların en önemlileri oyucu midyeler (*Teredo navalis*) ve istakozlar (Crustaceae) dır (Örs ve Keskin, 2001).

#### **4.8.3. Biyolojik Olmayan Etkenler**

Ahşap malzemeyi tahrip eden yüklenme, atmosferik koşul değişiklikleri ve biyolojik olmayan etkenler aşağıda sıralanmıştır:

- Aşırı mekanik gerilme (Aşırı ve sürekli yükten kaynaklanan gerilmeler),
- Yüksek ısı, yangın,
- İklimsel değişiklikler,
- Erozyon (Hava koşulları nedeniyle yıpranma),
- Kimyasal madde etkisi,
- Işınlr (Özellikle gamma vs gibi güneş ışınları), (Zevi ve Tabasso, 2001).

#### **4.8.4. İnsan Kaynaklı Etkenler**

Ahşabı tahrip eden biyolojik ve biyolojik olmayan etkenlerin yanı sıra bir de ahşabın hammaddesi olan ağaçlara insanlar tarafından yapılan bilinçsiz uygulamalar da ahşabın fiziksel ve mekanik değerlerini azaltıcı bir etkiler yaratmaktadır.

- Bu etkiler:
- Kesilen ağaçların taşınması sırasında ormana verilen zararlar,
- Ağaçları çivi, tel, mermi gibi yabancı maddelerle yaralama,
- Budama,
- Ağacın kabuğunu soyma,
- Ağacın reçinesinin bünyesinden alınması,
- Burgu ile (karotin, trivel) muayene sırasında ağacın yaralanması,
- şeklinde sıralanabilir (Zevi ve Tabasso, 2001).

#### **4.9. AHŞABIN KORUNMASI**

Ahşap, dışarıdan aldığı nem etkisiyle mukavemetini kaybeder ve bünyesi mantar ve böcek istilasına uğrar. Ahşabın gerekli korunma önlemleri alınarak oldukça uzun bir ömre sahip olduğu bilinmektedir. Bu nedenle ahşap mukavemetinin artırılması için yapılması gereken koruma önlemleri:

- Neme karşı koruma
- Böcek ve mantarlara karşı koruma
- Yangına karşı koruma şeklinde sıralanabilir.
- Ahşap koruyucu maddelerde aranan nitelikler:
- Zararlılara karşı etkin olmalı ve bu etkinlik uzun süre devam etmelidir.
- Kullanım yönünden güvenli olmalı. Uygulayıcılar ve kullanıcılar için tehlike oluşturmamalıdır.
- Ağaç malzemedeki kalıcı olmalı kısa sürede yıkanarak veya buharlaşma sonucunda bünyeden uzaklaşmamalıdır.
- Metal aksamda depolandığı tanklarda, bidonlarda ve uygulandığı tesislerde korozyona neden olmamalıdır (Hafizoğlu, 2001).
- Yangın tehlikesini artıracak özellikte olmamalıdır.
- Kullanımı ekonomik olmalıdır (Berker, 1982).

#### **4.10. AHŞABIN KALİTESİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI**

Ahşap malzeme, taşıdığı fiziksel özelliklere bağlı olarak üç sınıfa ayrılır. Kalitesi yüksek ağaçlar ve yüksek kalite kriterleri de Çizelge 4.7' de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Ahşabın Sınıflandırılma Çizelgesi (Duman ve Ökten, 1988.)

Ozellikler	Sınıf I	Sınıf Iı	Sınıf Iıı
Bünye Kusurları	Kırmızı Ve Beyaz Çürükler, Kahverengi Şeritler, Ayrık Halkalar, Halka. Yıldırım Ve Don Çatlakları, Kurt Ve Haşere Yeniği Oyuklar Veya Delikler Bulunmayacaktır. Ancak Kuruda Kullanılacaksa Mavilik Veya Kırmızı Sert Şeritler Bulunabilir.	Kahverengi Şeritler, Halkavari Kabuklanmalar Bulunmayacaktır. Aşırı Uzunlukta Olmamak Şartı İle Yıldırım Ve Don Çatlakları Bulunabilir. Kuruda Kullanılacak Kuru Ahşapta (Nem Oranı %20 Den Az) Bu Sınıflar İçin Müsaade Edilen En Büyük Budak Çapından Büyük Olmamak Şartı İle Kırmızı Veya Beyaz Çürüklerle Satıhta Kurt Ve Haşere Yenikleri Bulunabilir. Tekil Haşere Oyuklarına Müsaade Vardır.	
İyi Desterelenmemesi Yüzünden Yarı Kuru Ahşap Enkesitinde Boyut Hatası.	0	Ahşabın Ancak %10 Unda Ve Ençok %3 Oranında	Ahsabın Ancak % 10 unda ve En Çok % 5 Oranında
% 20 Nemli Ahşapta Birim Hacim Ağırlığının Minimum Değeri kg/dm <sup>3</sup>	Deneylik Parçalarda Ağaç Cinsi Budaklı Budaksız Kökner Ve Lâdin 0,40 0,38 Çam Ve Kara Çam 0,45 0,42	Sınırlanmamış	Sınırlanmamış
Yıllık Halka Kalınlıkları	Enkesit Alanının Ençok Yarısında 4mm den Fazla Olabilir.	Sınırlanmamış	Sınırlanmamış
Budaklar A) Büyük Budağın Görünen En Küçük Çapı/Enkesit Yüksekliği = D/H B) Eğilme Ve Basınca Çalışan Dikdörtgen Cubuklarda H/B≥2 Olduğu Takdirde Köşe Budakları İçin Limit Değerler. C) Budağın Görüldüğü Yüzün Her 15 Cm Boyundaki Budak Çapları Toplamı.	D/H≤1/5 ve D≤5 cm D/H ≤1/ ve D ≤ 7cm Σ D ≤2/5 H	D/H ≤ 1/3 ve D≤7 cm D/H ≤ 1/2 Σ D ≤2/3 H	D/H ≤ 1/2 Sınırlanmamış Σ D ≤3/4h
Lifler: A) Rötre Çatlağı Olan Hallerde Bu Çatlaklarla Boyuna Kenarları Arasında Ölçülen En Büyük Açının Eğimi. B) Rötre Çatlağı Olmayan Hallerde Yıllık Halkalar Vasıtası İle Bulunan Lif Doğrultuları İle Boyuna Kenar Arasında Ölçülen En Büyük Açının Eğimi.	tg A ≤ 1/10 tg A ≤ 1/15	tg A ≤ 1/5 tg A ≤ 1/8	tg A ≤ 1/3 tg A ≤ 1/5 Σ D ≤3/4h
Eğrilik: A) Her 2m De Maksimum Sehim B) Basınca Çalışan Cubukların Toplam L Boyu İçin Maksimum Sehim.	f ≤ 5 mm f ≤ L/400	F ≤ 8 Mm F ≤ L/250	F ≤ 15 mm Sınırlanmamış
Enkesit Köşe Pahları (*) A)Pah Bulunabilecek Köşe Sayısı B) Eğik Olarak Ölçülecek Pah Genişliğinin Büyük Kenara Oranı.	2 ≤ 1/8	4 ≤ 1/3	Sınırlanmamış
Not: Yukarıdaki Özellikler Ahsabın Çalışan Boyunun Her İki Ucuna Enkesitin En Büyük Kenarının Birer Buçuk Misli İlave Edilerek Elde Edilen Uzunlukta Aranır.			
(*) → AHŞABIN SINIFINA GÖRE MÜSAADE EDİLEN KÖŞE PAHLARI		(**) → h ve b' den BÜYÜK OLANININ $\frac{1}{3}$ 'i (hepsinde)	

#### 4.11. AHŞABIN TEKNİK BAKIMDAN DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

Geleneksel ahşap yapıların restorasyona gereksinim duyup duymamalarına ve buna bağlı olarak güçlendirme yöntemlerine dair doğru kararlar alınabilmesi için taşıyıcı sistem öğelerinin teknik açıdan doğru bir biçimde değerlendirilmeleri gereklidir. Bu da ağacın yapısındaki görsel niteliklerin yanı sıra taşıyıcı gücünün belirlenmesindeki işlemler sırasındır. Sistem değerlendirilmesi için ilk yapılması gereken eylem taşıyıcı sistem rölövesinin alınmasıdır. Buna bağlı olarak da aşağıda belirtilen değerlendirme kriterlerinin gerçekleştirilmesi gereklidir (Uzielli ve Bonamini, 2006):

##### A. Tanı:

##### A.1. Nesnel değerlendirme:

- A.1.1. Ahşap türünün belirlenmesi,
- A.1.2. Ahşaptaki kusurların kaynağının belirlenmesi,
- A.1.3. Bozulmaların belirlenmesi,
- A.1.4. Çatlaklar,
- A.1.5. Eğilmeler,
- A.1.6. Biyolojik risk durumu,

##### B. Teknik değerlendirme:

- B.1. Görsel (basit bir şekilde)
- B.2. Aletlerle (görsel değerlendirmeye ek olarak)

##### C. Mukavemete göre sınıflandırma çalışması:

- C.1. Görsel,
- C.2. Aletlerle,

##### D. Birleşim noktalarının değerlendirilmesi:

- D.1. Sağlamlık,
- D.2. İşlevsellik,
- D.3. Restorasyon müdahale kararlarının verilmesi (Uzielli ve Bonamini, 2006)

Restore edilecek ahşap strüktürlerin değerlendirilmesi farklı disiplinlerin birlikte yapacakları araştırma ve çalışmalara dayandırılmalıdır. Bu araştırmaların temel bileşenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yapının inşa tarihinden araştırmanın yapıldığı tarihe değin geçirmiş olduğu aşamaların ve müdahalelerin belirlenmesi,
- Mimari ve strüktürel rölöve yapılması,
- Yapıya etki edecek olan mikro ve makro klima ortamı ve dış koşulların belirlenmesi,
- Taşıyıcı sistemin sağlamlığının hesapla kanıtlanması,

- Restorasyon projesinin strüktürün gelecekteki kullanımının göz önünde bulundurularak yapılması (Uzielli ve Bonamini, 2006).

#### **4.12. FİZİKSEL-MEKANİK DEĞER BELİRLEME YÖNTEMLERİ**

Ahşap taşıyıcı elemanların emniyetle taşıyabilecekleri yüklerin belirlenmesi veya mevcut bir taşıyıcı sistem elemanının fiziksel-mekanik değerlerinin belirlenebilmesi için kullanılan yöntemler:

- Tahribatsız yöntemler,
- Tahribatlı yöntemler,

olmak üzere ikiye ayrılırlar.

##### **4.12.1. Tahribatsız Yöntemler**

Günümüzde tarihi yapılarda kullanılan veya yeni ahşap malzemelerin değerlendirilmesinde uygulanan çeşitli tahribatsız yöntemler bulunmaktadır. Tahribatsız yöntemler, son yıllarda geliştirilen cihazlarla malzeme özelliklerine değgin daha kesin sonuçlar elde edilmesine olanak tanımakta ve ahşap malzemenin yerinde (in-situ) değerlendirilmesinde oldukça önemli veriler elde edilmesini sağlamaktadırlar. Ahşabın anizotrop ve homojen olmayan bir malzeme olması nedeni ile radyal, teğet ve boyuna doğrultulardaki fiziksel ve mekanik özelliklerinin farklılık gösterdiği daha önceki bölümlerde anlatılmıştı. Bu özelliklerin yanı sıra ahşabın bulunduğu ortamın rutubet değeri, ısı, yapısındaki fiziksel kusurlara ve çürüklere dolayısı ile ortaya çıkan bozukluklara bağlı olarak üç doğrultu eksenindeki tüm mekanik özellikleri değişmektedir. Günümüzde tahribatsız yöntemlerle yapılan araştırmalar daha çok ahşabın bünyesel bozukluklarını ve çürümelerini yansıtmakta fakat mekanik değerleri hakkında kesin fiziksel-mekanik veriler elde edilmesini sağlamamaktadırlar. Bununla birlikte tahribatsız yöntemlerle test edilerek belirlenen dinamik elastisite modülü ile statik elastisite arasında oldukça önemli korelasyon değerleri elde edilmiştir (Tampone ve diğ., 2002).

Malzemelerin tahribatsız değerlendirme yöntemleri uygulamada, malzemenin belirli bir kısmının veya bütünsel incelenmesine yönelik oluşları ile lokal (bölgesel) ve global (bütünsel) yöntemler olarak ikiye ayrılırlar (Tampone ve diğ., 2002).

- A. Lokal (bölgesel) test yöntemleri (LTM - Local Test Methods)
- B. Global (genel) test yöntemleri (GTM - Global Test Methods)
  - B.1. Görsel değerlendirme,
  - B.2. Ultrases dalgaları yardımı ile değerlendirme, olarak sıralanabilirler.

#### 4.12.1.1. Lokal (Bölgesel) Test Yöntemleri

Bu tekniklerle yapılan ölçümlerde malzeme hakkında genel bilgi edinilebilir. Bu nedenle bir tornavida, çekiç, karotin, pilodin ve rezistograf gibi aletler ve cihazlar kullanılabilir. Aletlerle malzemeden örnek alınarak ağaç türü saptanabilir çıkan ses sağlamlığı hakkında bilgi verebilir. Pilodin ve rezistograf testleri, görsel değerlendirmeyi (tanıyı) en çok destekleyen yöntemlerdir. Her iki cihaz da ahşabın bünyesine metal bir uç etkilenmesi aracılığı ile çürüme ve yoğunluk belirlemede kullanılırlar.

#### Karotin

Bu yöntemde ağaç veya ahşap malzeme içerisine döndürülerek nüfuz ettirilen çelik tüp şeklindeki aletin iç kısmındaki boşluk aracılığı ile ahşap örneği almak mümkün olur. Böylelikle ahşabın iç yapısı da anlaşılabilir olur. (Resim 4.18, Resim 4.19)



Resim 4. 18 Pressler burgusu ahşaptan(URL-13, 2010)



Resim 4.19 Karotin yöntemi ile örnek alınması (Uzielli ve Bonamini, 2006)

#### Yüzeysel sertlik dayanımı ölçümü

Bu test, ahşabın yüzeysel sağlamlığının ölçülmesi için çelik bir iğnenin basınçlı bir çekiç sistemi ile ani olarak ahşaba saplanması yöntemi ile Pilodin cihazı kullanılarak yapılır. Çelik iğnenin ahşaba giriş mesafesi ahşap kalitesi ve yoğunluğuna bağlı olarak değişir (URL-14, 2010).



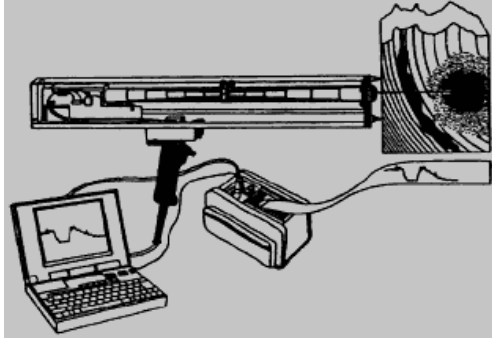
Resim 4. 20 Pilodin cihazı (URL-15, 2010)



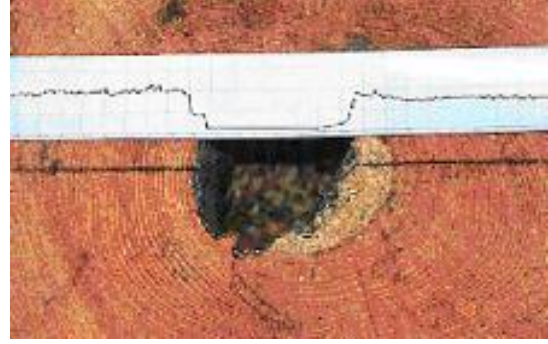
Resim 4. 21 Pilodin cihazı ile ölçüm (Uzielli ve Bonamini, 2006)

### Delme Dayanımı Ölçümü

Ağacın veya ahşap malzemenin, delinme direncinin ölçülmesi ve yapısal durumunun belirlenmesi için Rezistograf cihazı kullanılır. Rezistografla, ahşabın bünyesindeki çürümeler, çatlak ve boşlukların yerleri belirlenebilir. Cihazın çalışma şeması Şekil 4.20'de ölçüm grafiği Resim 4.22' de görülebilir.



Şekil 4.20 Rezistograf çalışma şeması (Uzielli ve Bonamini , 2006)



Resim 4.22 Rezistograf ölçüm grafiği (URL-16, 2010)

#### 4.12.1.2. Global (Genel) Test Yöntemleri

Ahşap malzemenin genel değerlendirme yöntemlerini içeren ölçümlerdir. Malzemenin görsel değerlendirmesi, dinamik özelliklerini içeren ölçümler bazı matematiksel dönüşümlerle statik mekanik özelliklerin elde edilmesinde kullanılabilirler. Vibrasyon ve ultrases testleri bu yöntemler tarafından kullanılmaktadırlar.

#### Görsel Değerlendirme

Ağaç türünün belirlendiği ve malzemenin genel durumunun değerlendirilmesine yönelik en basit tahribatsız yöntemdir. Bu değerlendirme bir uzman tarafından gerçekleştirilir ve ahşap numunenin türü, boyutu, fiziksel karakteristikleri ve budaklılık, lif eğimi, büyüme kusurları, tahribat türleri ve derecesi (böcek ve mantar istilâları, istilâ eden böcek ve mantar türlerinin belirlenmesi) v.s. gibi konularda değerlendirme yapılır.

Yapısal tahribat derecesinin belirlenmesinin yanı sıra strüktürün taşıyıcılık derecesinin görsel tanı ile belirlenmesi mümkün değildir. Bu nedenle teknolojik cihazlarla daha ileri tahribatsız incelemeler yapılmasının gerekliliği kaçınılmazdır (Tampone ve diğ., 2002).

### Basınç Ve Ultrases Dalgaları

#### Basınç Dalgaları

Bu sistem, bir tokmak veya çekiç aracılığı ile oluşturulan vibrasyonun ahşap malzemenin iki ucuna yerleştirilmiş sensörler arasında elektriksel ivme sinyaline dönüştürülmesinin ve bunun bir akseleratör (ivme ölçer) tarafından kayıt edilmesinin sağlanması esasına göre çalışır (Uzielli ve Bonamini, 2006).

#### Ultrases Dalgaları

Ahşapta genel olarak lif doğrultusunda ses frekansı yayılması prensibine bağlı olarak yapılan ölçümler, ahşabın anizotrop yapısı, ahşabın bünyesel kusurları ve biyolojik tahribat düzeyinin yüksek olduğu durumlarda çok doğru sonuç vermemekle birlikte, ahşabın genel yapısı ve bölgesel bozuklukları hakkında bilgi verebilmektedir. Bu sistemde ahşap örnekte lifler doğrultusunda (Şekil 4.21a) ve enine doğrultuda doğrusal ölçümler yapılabilir. Ses dalgası yayılımı prensibi ile çalışan cihazlar Pundit Plus (Resim 4.23), Sylvatest vs. gibi cihazlardır.

Boyuna doğrultuda yapılan ölçümlerde örnek yapı malzemesinin iki ucunun da açıkta bulunması gereklidir fakat yapı taşıyıcı sistemlerinde kirişler genellikle kârgir duvara oturdukları ve dikmeler de kirişlere oturup döşeme içlerinde ve sisteme çakılı olarak buldukları için boyuna doğrultuda doğrudan ölçümler yapılamamaktadır. Bu durumlar için yarı doğrusal (Şekil 4.21b) (Resim 4.24) ve dolaysız ölçüm (Şekil 4.21c) teknikleri geliştirilmiştir.

Boyuna doğrultuda yapılan doğrudan ölçümlerde, malzemenin dinamik elastisite (esneklik) modülü, ses dalgasının malzemenin bir ucundan bir metal verici ile gönderilmesi ve diğer ucundan bir metal alıcı ile toplanması esasına göre çalışan cihaz yardımı ile ölçülebilir. Bu durumda:

$$E_{din} = \rho \times V^2 \quad (4.6)$$

formülü kullanılır.

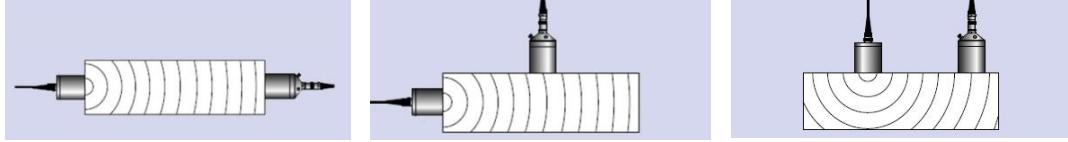
Formülde:

$E_{din}$  = Dinamik elastisite modülü (N/mm<sup>2</sup>)

$\rho$  = Yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>)

$V$  = Ses dalgasının yayılma hızı (m/s)' dir. (Uzielli ve Bonamini, 2006).





a) Doğrusal ölçüm  
ölçüm

b) Yarı Doğrusal ölçüm

c) Dolaysız ölçüm

Şekil 4.21 Ses dalgaları ile dinamik elastisite modülü ölçüm teknikleri (URL-17, 2010)



Resim 4. 23 Ultrases ölçüm cihazı  
(Fotograf: Dışkaya)



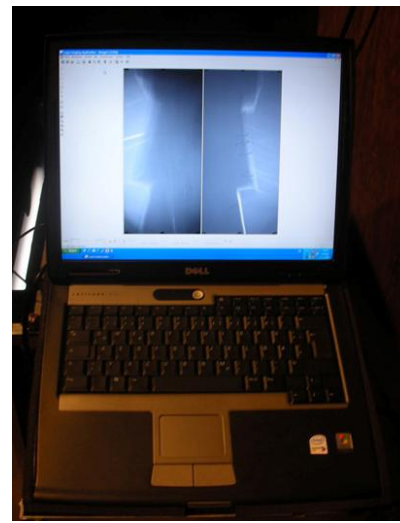
Resim 4. 24 Ultrases cihazı ile enine doğrultuda ölçüm (Fotograf: Dışkaya)

### Radyografi Yöntemi

Bu yöntemde ise ahşap yapının bulunduğu ortam değerlendirilirken taşıyıcı sistem kusurları ve tahribat derecesinin anlaşılması için geliştirilmiştir. Resim 4.25 ve Resim 4.26'da Palazzo Vecchio'da 2007 ICOMOS (IIRC) Floransa toplantısında Ronald Anthony tarafından yapılan radyografi uygulama çalışması görülebilir.



Resim 4.25 Palazzo Vecchio çatı  
(Fotograf: Dışkaya)



Resim 4.26 Makas sistemine ait makasları radyografinin bilgisayar ekranındaki görüntüsü (Fotograf: Dışkaya)

#### 4.12.2. Tahribatlı Yöntemler

Tahribatlı yöntemlerde denek olarak kullanılan malzemeler:

- Boyutları çeşitli ulusal ve uluslararası şartnamelerce belirlenmiş olan kusursuz küçük boyutlu örnekler,
- Yapısal uygulamalarda kullanılan gerçek boyutlu örnekler şeklinde iki gruba ayrılırlar.

Küçük kusursuz deneklerle yapılan deneyler, belirli bir ağaç türüne ait malzemelerin mekanik değerlerinin, denek üzerine çeşitli deney makineleri yardımı ile farklı kuvvetlerin etkilmesi ile oluşan gerilme ve deformasyonların belirlenmesi ve bu sonuçların diğer malzemelerin mekanik değerleri ile karşılaştırmalarında kullanılırlar. Gerçek boyutlu malzemelerle yapılan deneylerde ise belirli bir ağaç türünden üretilmiş olan yapısal elemanın taşıma gücü belirlenir (Örs ve Keskin, 2001).

Günümüzdeki teknolojik gelişime bağlı olarak, geleneksel sistemde üretilmiş olan yapılarda kullanılan ahşapların taşıyıcı sistem değerlendirilmesi için en doğru sonuçlara gerçek ahşap boyutundaki taşıyıcı sistem elemanları üzerinde yapılan deneylerle ulaşılabileceği sonucuna varıldığı söylenebilir.

Ahşap malzemenin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneylerde kuvvet etkisi, ani şok biçiminde, yavaş yavaş artırılarak veya uzun süreli yorma şeklinde olabilir. Kuvvetin ağaç malzemeye etki ettiriliş biçimleri aşağıdaki gibidir ve bu kuvvetler ahşap malzemeye doğala uygun bir biçimde uygulanmaktadır:

- Yavaş yavaş artırılan yükle yapılan statik yükleme,
- Ani, şok biçiminde etkiyen kuvvetle yapılan dinamik yükleme,
- Tekdüze ve uzun süreli yüklemelerle yapılan yorma yüklemesi,
- Etki yönü tekdüze olarak değiştirilen değişken yüklemeler.

Gerçek boyutlu ahşap yapı malzemeleri üzerinde yapılan deneyler, malzemelerin sınıflandırılması için gerekli değerleri verecektir bunun yanı sıra küçük kusursuz malzemeler ile yapılan deneyler ve gerçek boyutlu yapı elemanları üzerinde yapılan deney sonuçları arasındaki karşılaştırmalar ve oranlama ise emniyet gerilme değerlerinin belirlenmesini sağlayacaktır (Bozkurt ve Göker, 1996).

Ağaç malzemelerin karşı koyabileceği maksimum yük, ağacın türü, yapısı ve bileşenine göre değişir. Malzemeye maksimum yük etkilendiği zaman ezilme, kırılma ve parçalanma durumu ortaya çıkar. Kırılma anındaki yüke kırılma yükü, birim alana etkiyen yüke kırılma gerilmesi, kırılma sınır değeri ise direnç olarak adlandırılır. Birimi günümüzde  $N/mm^2$  (Megapascal) olarak kullanılmaktadır. Ağaçların liflere paralel basınç direnci liflere dik yöndeki basınç direncinin genel olarak 3-10 katıdır.

Liflere paralel çekme direnci liflere paralel basınç direncinin yaklaşık 2 katıdır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

### Statik Eğilmede Elastisite (Esneklik) Modülü

Katı bir cismin dışarıdan etki eden bir kuvvet ile etkisi ile uzama kısalma ve eğilme gibi deformasyonlara uğraması ve kuvvet etkisi ortadan kaldırıldığı zaman eski durumuna dönmesi o cismin elastisite (esneklik) yeteneği olarak adlandırılmaktadır. Elastisite modülü büyüdükçe cismin şekil değiştirmeye yani dış kuvvetler karşı direnci büyür, azaldıkça da küçülür.

Elastisite modülü kuvvetin etki ediş biçimine göre statik ve dinamik metotlarla belirlenir. Bu iki değer arasında belirli katsayılarla ifade edilebilen farklar bulunur. Statik elastisite modülleri ise çekme basınç ve eğilmede değişiklik gösterirler ve  $E_c > E_e > E_b$  şeklinde sıralanırlar.

Burada:

$E_c$ : Çekmede elastisite modülü,

$E_b$ : Basınçta elastisite modülü,

$E_e$ : Eğilmede elastisite modülüdür.

Elastisite modülü deneyi TS 2478 numaralı standart gereğince 20 mm x 20 mm x 30-38 mm boyutunda kare prizma deneklerle yapılır.

Eğilme durumunda elastisite modülü kuvvetin mesnet noktalarının ortasından etki etmesi durumunda (Şekil 4.22),

$$E_e = \frac{\Delta F \cdot L_s^3}{4 \cdot \Delta \cdot f \cdot b \cdot h^3} \quad (4.7)$$

formülü ile hesaplanır (Örs ve Keskin, 2001).

Burada:

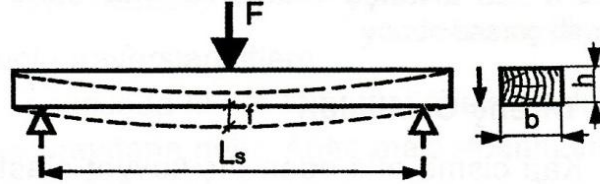
$\Delta F$ : Elastik deformasyon bölgesinde  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetleri arasındaki fark (KN),

$L_s$  = Mesnetler arasındaki açıklık (mm),

$b$  = Denek enine kesiti (mm),

$h$  = Denek yüksekliği (mm),

$\Delta f$  = Eğilme miktarları farkı (mm) şeklindedir.



Şekil 4.22 Statik elastisite modülü deneyinde yükün mesnet ortasında etkimesi durumu (Örs ve Keskin, 2001).

Elastisite modülü:

- Yoğunluk arttıkça artar,
- Lif doygunluk noktasına değin su miktarı arttıkça azalır,
- Odunun sıcaklığı arttıkça azalır,
- Liflerin gidiş yönü ile ahşabın boyuna eksenini arasındaki açı arttıkça azalır,
- Liflere paralel, radyal ve yıllık halkalara teğet yöndeki elastisite modülleri arasında  $E_{//} > E_r > E_t$  ilişkisi bulunur,
- Kuvvetin tesir yönü ile yıllık halkaların gidiş yönü arasındaki açı  $90^\circ$  iken en yüksek  $45^\circ$  iken en düşük değeri alır,
- Ahşap malzeme boyu ile enkesit yüksekliği oranı 15' e değin arttıkça azalır, 15'ten sonra değişmez (Örs ve Keskin, 2001).

#### Basınç Direnci

Basınç direnci ahşap malzemenin, kendisine doğrusal olarak etkiyen kuvvetlere karşı koyma gücüdür. Ahşap malzemenin ahşap ve yarı kârgir yapılarda, sanayi ve el sanatlarında, demiryolu traverslerinde kullanılmasında oldukça önem taşır. Basınç direnci deneyi, liflere paralel doğrultu için (Şekil 4.25 a) TS 2595, liflere dik doğrultu için (Şekil 4.23 b) TS 2473 numaralı şartnamelere göre yapılır. Liflere paralel basınç direnci deneyinde 20 mm x 20 mm x 30-60 mm boyutlu kare prizma denekler kullanılır (Bozkurt ve Erdin, 1997). Liflere dik yöndeki basınç değeri, liflere paralel yönde olanının %10 - 20'si kadardır. Liflere paralel çekme direncinin ise %50'si civarında olur. Liflere paralel basınç direnci, (Şekil 4.23a):

$$\sigma_{B//} = \frac{F_{max}}{A} \quad (4.8)$$

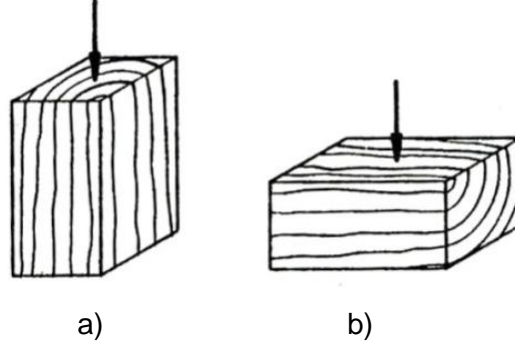
formülü ile hesaplanır (Örs ve Keskin, 2001).

Burada:

$\sigma_{B//}$  = Liflere paralel basınç direnci (N/mm<sup>2</sup>),

$F_{max}$  = Kırılma anındaki yük (N),

$A$  = Enine kesit alanı (mm<sup>2</sup>) dir.



Şekil 4.23Liflere paralel ve dik yönlerde basınç gerilmesi etkisi a) Liflere paralel yönde basınç etkisi; b) Liflere dik yönde basınç etkisi (Giordano ve diğ., 2008)

Basınç direnci:

- Sıcaklık, rutubet ve yükleme yönü ve lif yönü arasındaki açı arttıkça azalır,
- Hava kurusu durumundaki yoğunluk ve liflere paralel basınç direnci arasındaki ilişki ahşabın basınca bağlı kalite değerini belirler.

Bu değer:

$$k_{st} = \sigma_{B//} / \bar{\delta}_{12} \times 100 \quad (4.9)$$

formülü ile belirlenir (Örs ve Keskin, 2001).

Burada:

$k_{st}$  = Statik kalite değeri,

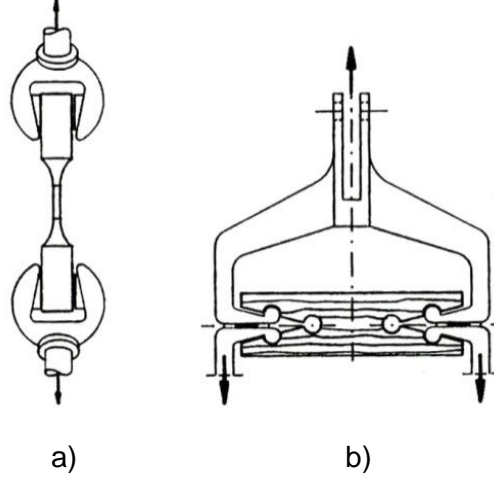
$\sigma_{B//}$  = Liflere paralel basınç direnci (N/mm<sup>2</sup>),

$\bar{\delta}_{12}$  = %12 rutubetteki yoğunluktur.

- Yoğunluk arttıkça artar,
- Budakların varlığı, çekme direncinde olduğu kadar önemli değildir,
- Ahşabın yapısındaki ekstraktif madde oranı ile etkilenir.

### Çekme Direnci

Çekme direnci, ahşap malzemenin kendisine zıt yönlerde etki ederek liflerini koparmaya çalışan kuvvetlere karşı koyma gücüdür. Liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesi  $\sigma_{//}$ , (Şekil 4.24a) TS 2475, liflere dik doğrultuda çekme gerilmesi  $\sigma_{\perp}$ , (Şekil 4.24b) ise TS 2476'ya göre belirlenir. Liflere paralel çekme direnci ile liflere dik çekme direnci arasında yaklaşık  $\sigma_{//} > 10 \cdot \sigma_{\perp}$  gibi bir oran vardır (Örs ve Keskin, 2001).



Şekil 4.24 Liflere paralel ve dik yönlere çekme gerilmesi etkisi a) Liflere paralel yönde çekme gerilmesi; b) Liflere dik yönde çekme gerilmesi (Giordano ve diğ., 2008)

Liflere paralel çekme direnci, ahşap malzemelerin tüm direnç özellikleri içerisinde en yüksek değere sahiptir. Ahşaba etkiyen çekme direnci ahşabın kopmasını sağlayan maksimum kuvvetin etkidiği kesit alanına bölünmesi ile hesaplanır:

$$\sigma_{\zeta} = \frac{F_{max}}{A} \quad (4.10)$$

Burada:

$\sigma_{\zeta}$  = Çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>),

$F_{max}$  = Kopma anındaki yük (N),

$A$  = Kuvvetin etkidiği kesit alanı (mm<sup>2</sup>) dir.

Çekme direnci:

- Yoğunluk arttıkça, artar.
- Yoğunlukla ahşabın çekme direnci arasındaki ilişki ahşabın çekmeye göre kalitesini belirler. Bu bağlantı için:

$$k_{\zeta} = \sigma_{\zeta} / \bar{\delta}_{12} \times 10 \quad (4.11)$$

formülü kullanılır (Örs ve Keskin, 2001).

Burada:

$k_{\zeta}$  = Ahşabın çekme kalite değeri,

$\sigma_{\zeta}$  = Liflere paralel çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>),

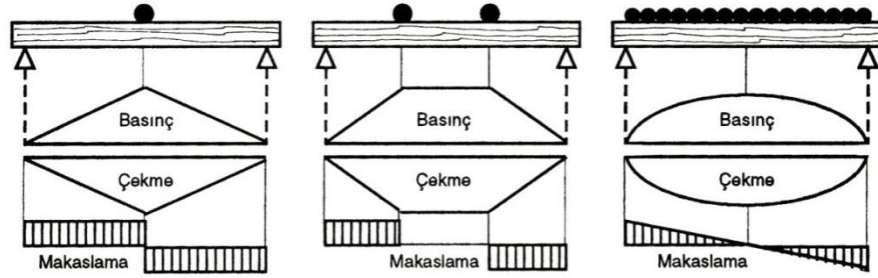
$\bar{\delta}_{12}$  = %12 rutubetteki yoğunluktur.

- Budaklar çekme direncini azaltır.

- Kuvvetin etkiye doğrultusu ile lif yönü arasındaki açı  $0^\circ-45^\circ$  arasında arttıkça çekme direnci azalır.

### Eğilme Direnci

Ahşap karkas ve yarı kârgir sistemlerin mertek, kiriş gibi yatay taşıyıcılarına etkiyen yükleri karşılayan direnç türüdür (Bozkurt ve Erdin,1997). İki ucundan mesnetli bir kirişin üzerine yük etkiği zaman üst kısmında basınç, kısmında çekme ve kuvvetin uygulama noktasında makaslama gerilmeleri oluşur. Yükün etkimesinin tekil, iki noktadan ve düzgün yayılı oluşuna göre de yük diyagramları değişiklik gösterir, Şekil 4.25.



Şekil 4.25 Kiriş üzerinde tekil, iki noktadan ve düzgün yayılı yük etkisi diyagramları (Örs ve Keskin, 2001)

Eğilme direnci dayanımı, TS 2474' e göre 20 mm x 20 mm x 300 – 380 mm boyutunda ahşaplarla üniversal deney makinelerinde yapılır. Yükleme ise değişmez bir hızla ve yeknesak olarak 1,5 ± 0,5 dakika sonra kırılacak şekilde yapılmalıdır. Yükün denek merkezine tekil olarak etkimesi ile yapılan deney (Şekil 4.26) sırasındaki rutubet miktarına bağlı olarak yapılan ölçüm aşağıdaki formül ile hesaplanır (TS 2474, 1976):

$$\sigma_E = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot L_s}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad (4.12)$$

Burada:

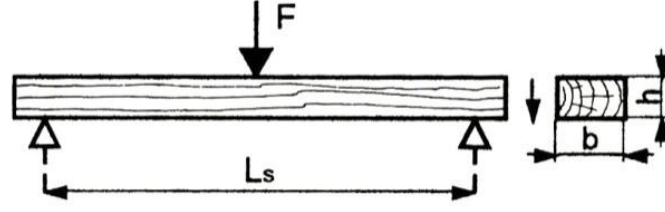
$\sigma_E$  = Statik eğilme direnci, N/mm<sup>2</sup>,

$L_s$  = Silindirik mesnetlerin arasındaki mesnet açıklığı, mm,

$F_{max}$  = Kırılma yükü, N,

$b$  = Deney parçasının eni, mm,

$h$  = Deney parçasının kalınlığı, mm' dir (TS 2474,1976).



Şekil 4.26 Kusursuz örnek üzerine tekil yük etkisi (Örs ve Keskin, 2001)

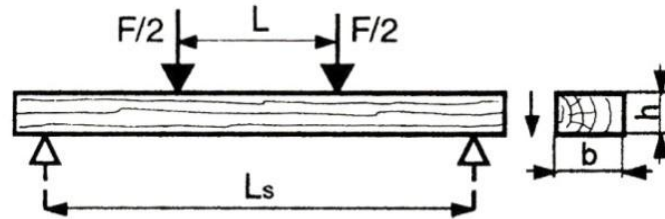
Gerçek boyutta yapı kerestesi üzerinde yapılan deneyler ise (Resim 4.27, Resim 4.28) kiriş üzerine iki adet tekil yük etkilerek yapılır, Şekil 4.27, (Örs ve Keskin, 2001). Bunun nedeni kiriş merkezinde makaslama gerilmesi olmaksızın kirişin en zayıf olduğu noktadan kırılmasını sağlamaktır.



Resim 4.27 Gerçek boyutta kiriş ile yapılan statik eğilme dayanımı testi



Resim 4.28 Kirişin en zayıf noktasındaki kırılma durumu (Fotograf: Dışkaya) (Fotograf: Dışkaya)



Şekil 4.27 Gerçek boyutta yapı kirişi statik eğilme dayanımı ölçümü deney kurgusu (Örs ve Keskin, 2001)

Bu kez hesaplama formülü:

$$\sigma_E = \frac{3}{2} x \frac{F x (L_s - L)}{b x h^2} \quad (4.13)$$

şeklinde olur.



Burada: ( $F = 2 \times F / 2$  ve  $L_s / 3 \geq L \geq 200\text{mm}$ )'dir (Örs ve Keskin, 2001).

Eğilme direnci:

- Etkiyen yük ve lif doğrultusu arasındaki açı arttıkça azalır,
- Rutubet arttıkça azalır,
- Sıcaklık arttıkça ve özgül ağırlık azaldıkça azalır,
- Budak ve kertikler arttıkça eğilme direnci azalır,
- Sıcaklık, rutubet azaldıkça ve rutubet azaldıkça artar, Ahşabın yoğunluğu arttıkça artar (Bozkurt ve Göker, 1996).

#### Makaslama Direnci

Ahşap malzemenin yan yana iki düzlemi ters yönde etkiyerek birbirinden ayırmaya çalışan kuvvetlere karşı koyma yeteneğidir (Bozkurt ve Göker, 1996). Yapılarda taşıyıcı elemanların birleşim noktaları ve kertikli birleşimlerde oldukça önem taşıyan bir özelliktir (Bozkurt ve Erdin, 1997). Liflere dik yönde makaslama direnci liflere paralel yönde makaslama direncinin 3-4 katıdır (Bozkurt ve Göker, 1996).

Makaslama direnci deneyi TS 3459'a göre ve liflere paralel yönde yapılır (Şekil 4.28). Hesaplama:

$$\sigma_M = \frac{F_{max}}{A} \quad (4.13)$$

formülü kullanılır.

Burada:

$\sigma_M$  = Makaslama direnci,  $\text{N/mm}^2$ ,

$F_{max}$  = Kayma anındaki en fazla yük, N,

$A$  = Kayma yüzeyi alanı,  $\text{mm}^2$  dir.

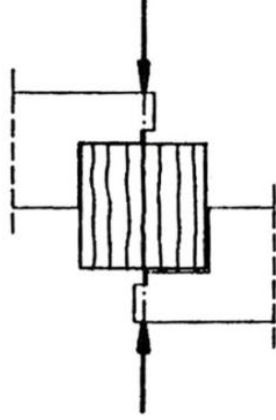
Makaslama direnci:

- Ahşap malzemenin yoğunluğu arttıkça artar,
- Makaslama kuvvetinin etkime açısı ile ahşap malzemenin lif açısı  $0^\circ$ - $90^\circ$  arasında arttıkça azalır,
- Ahşabın rutubet miktarı arttıkça azalır (Örs ve Keskin, 2001).

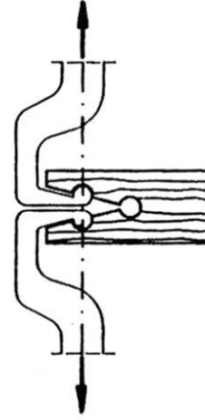
#### Yarılma Direnci

Ahşap malzemenin lifleri arasına girerek yarılması için zorlayan cisimlerin uyguladığı kuvvetlere karşı direnme kuvveti yarılma direnci iken (Şekil 4.29), bu kuvvetler etkisinde kolaylıkla yarılması ise yarılma yeteneğidir. Yarılma direnci, ahşap strüktürlerde malzemeye çivi ve vida uygulandığında ahşabın yarılmaması

bakımından oldukça önemlidir. Yarıлма yeteneği ise enstrüman, sepet ve fıçı yapımında önem taşımaktadır (Örs ve Keskin, 2001).



Şekil 4.28 Makaslama direnci ölçüm düzeneği (Giordano ve diğ., 2008)



Şekil 4.29 Ahşapta yarıлма deneyi düzeneği (Giordano ve diğ., 2008)

Yarıлма direnci deneyi TS 7613' e göre yapılır. Deney sonuçları aşağıdaki formüle göre belirlenir:

$$\sigma_Y = \frac{F_{max}}{A} \quad (4.13)$$

Burada:

$\sigma_Y$  = Yarıлма direnci, N/mm<sup>2</sup>,

$F_{max}$  = Yarıлма anındaki en fazla yük, N,

A = Yarıлма yüzeyi alanı, mm<sup>2</sup> dir.

Yarıлма direnci:

- Ahşap malzemenin yoğunluğu arttıkça artar,
- Ahşabın rutubeti % 12-17 arasında iken yarıлма direnci en yüksek değerini alır. Buna karşılık:
- $R > \%17 \Rightarrow \%1$  rutubet artışı için % 0,1-0,02 oranında,
- $R < \%12 \Rightarrow \%1$  rutubet azalımı için % 0,03-0,07 oranında azalır.
- Yıllık halkalara teğet yönde radyal yöndekine göre daha büyüktür (Örs ve Keskin, 2001).

#### Dinamik Eğilme (Şok) Direnci

Ahşap malzemenin ani etki eden kuvvetler karşısındaki direnme gücüdür. Uçak, araba gibi taşıtlar, spor aletleri, ambalaj sandıkları, makineler, köprüler, merdivenler,

kulelerde kullanılan ahşap malzemeler dinamik yüklerler etkisinde kalırlar (Örs ve Keskin, 2001).

Dinamik eğilme (şok) direnci TS 2477' ye göre test edilir. Deney düzeneği Şekil 4.30' da olduğu gibidir. Deneyin yapıldığı cihaz, deney parçasının çarpma sonucunda kırılması için gerekli enerjinin 3-5 katı enerji ile çarpma yapabilecek ve enerjisi 1 Joule duyarlılıkta ölçebilecek pandüllü bir çarpma makinesidir (TS 2477, 1976). Deney parçaları, 20 mm x 20 mm x 300 mm boyutta kare prizma şeklinde olur. Deney sonucu aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$\sigma_{DE} = \frac{w}{bxh} \quad (4.14)$$

Burada:

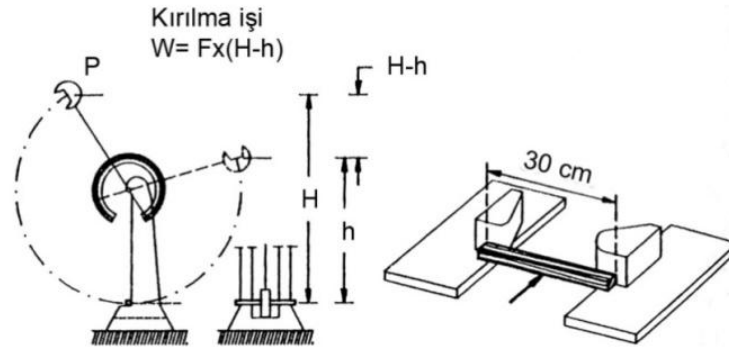
- $\sigma_{DE}$  = Dinamik eğilme (şok) direnci, kgm/cm<sup>2</sup>,  
w = Kırılma anında harcanan iş miktarı, kgm,  
b = Denek kesitinin bir kenarının genişliği, cm,  
h = Denek kesitinin diğer kenarının genişliği, cm'dir (Örs ve Keskin, 2001).

Dinamik çarpma (şok) direnci:

- Ahşap malzemenin yapraklı ya da iğne yapraklı oluşuna göre farklı özellikler gösterebilir.
- Rutubet oranı arttıkça azalmayabilir. Çünkü liflerin suya doymun oluşları ahşabın esnekliğini artıran bir faktör olur. Örneğin meşe ağacının rutubet oranı arttıkça şok direnci de artar, Kayın ağacında ise %20 rutubet oranından sonra şok direnci bir miktar azalmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Çam odununda ısı:

- 0°C- 20°C arasına değin olduğunda şok direnci aynı kalır,
- 0°C - -20°C arasındaki değerlerde hafifçe azalır,
- -20°C- -60°C arasında ise önemli derecede artar (Bozkurt ve Erdin, 1997).
- Ahşap denek asal eksenine ile lif boyuna gidiş açısı arasındaki açı arttıkça azalır (Örs ve Keskin, 2001),
- İğne yapraklı ağaçlarda yıllık halka genişliği arttıkça azalır, Dişbudak ve meşe gibi yapraklı ağaçlarda, artar (Örs ve Keskin, 2001).



Şekil 4.30 Dinamik çarpma deney düzeneği (Giordano ve diğ., 2008)

### Sertlik

Giderek artan yük etkisi ile belirli bir derinliğe giren küre biçiminde çelik yükleme ucuna karşı deney parçasının gösterdiği dayanım malzemenin sertliğini belirler (TS 2479, 1976). Kullanılacak malzemenin dayanıklılık göstergelerinden biridir. Basınç direnci ile benzerlik gösterir (Bozkurt ve Erdin, 1997). En çok kullanılan sertlik ölçüm yöntemleri Janka (Şekil 4.31a) ve Brinell (Şekil 4.31b)'dir. Sertlik deneyi TS 2479' a göre yapılır. Şartnameye göre denek boyutları lif doğrultusundaki boyutu en az 50 mm olmak üzere 50 mm x 50 mm kare kesitli deney parçaları kullanılır. 3-6 mm / min hızla hareket eden yükleme ucu ile deney parçasının radyal, teğetsel ve en kesit yüzeylerinin merkez eksenleri üzerinde, yarım küre ucun yarıçapına (5.64 mm) eşit derinlikte bir oyuk açılır. Bu derinliğe ulaşıldığı andaki veya deney parçasının 2.82 mm derinliğe ulaşıldığı andaki yük %1 duyarlılıkta okunur (TS 2479, 1976).

Her bir deney parçasının statik sertliği  $H_{wc}$  deneyin yapıldığı rutubet miktarında (W), alanı  $1\text{cm}^2$ 'ye eşit bir iz elde edebilmek için gerekli yük miktarı kgf (Newton) olarak

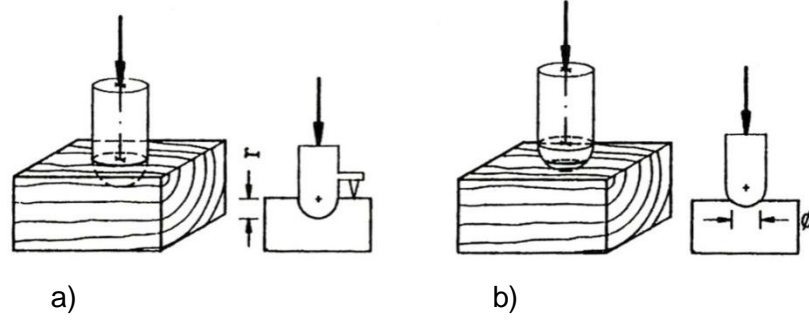
$$H_{wc} = K \times F \quad (4.15)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada:

F = Yükleme ucunun deney parçasının içerisinde belirli derinliğe girmesi sırasındaki yük kgf (Newton) olarak,

K= Yükleme ucunun 5.64 mm derinliğe girmesi halinde 1' e, 2.82 mm derinliğe girmesi halinde ise 4/3' e eşit olan bir katsayıdır (TS 2479, 1976).



Şekil 4.31 Ahşapta sertlik deneyi düzenekleri, a)Janka sertlik deneyi b) Brinell sertlik deneyi (Giordano ve diğ., 2008).

Janka yönteminde çelik küre ile yapılan deneyler, iğne yapraklı ağaçların yumuşak yapıları nedeni ile yanıltıcı sonuçlar verdiği için son yıllarda yerini metaller için kullanılan Brinell yöntemine bırakmıştır. Bu deney, 50mm x 50 mm x 50 mm boyutundaki ahşap deneklerin her bir yüzeylerine, ahşabın ağırlığına göre 10 mm çapında bir çelik küre, yumuşak ağaçlarda 10 kp, orta sertlikteki ağaçlarda 50 kp ve çok sert ağaçlarda 100 kp'luk basınç uygulanarak yapılır. Ahşap yüzeyindeki oyuk çapı değeri:

$$H_B = \frac{2 \times F}{\pi \times D \times (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (4.16)$$

formülünde yerine konularak sonuç hesaplanır.

Burada:

F = Yük miktarı (kp veya N)

D = Brinell küresi çapı, mm,

d = Çelik kürenin ahşapta açtığı oyuğun çapı, mm' dir (Bozkurt ve Erdin, 1997), (Örs ve Keskin, 2001).

Ahşabın sertliği:

- Yoğunluk arttıkça artar,
- Tam kuru durumda iken en fazla değerdedir, rutubet arttıkça azalır,
- Yıllık halka genişliği arttıkça iğne yapraklı ağaçlarda azalır, yapraklı ağaçlarda artar,
- Enine kesitte en yüksek, radyal kesitte daha düşük, teğet kesitte en düşük değeri alır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

#### Aşınma Direnci

Yapılarda döşeme tahtaları, ahşap eşikler, makine parçaları, yük vagonları, ambarlar v.b. malzemelerde sürtünme ve çarpma yapan kuvvetlerin etkisi ile aşınma oluşur. Aşınmayı oluşturan etkenler: sürtünme, darbe, kum, kir ve diğer yabancı

malzemelerin etkisi, kimyasal maddeler, rutubet ve sıcaklık değişimleridir (Bozkurt ve Göker, 1996).

Aşınma direnci deneyleri malzemeye sürtünme etkisi yapılarak 1 mm yüzey ve ağırlık kaybı oluşturmaya yönelik olup aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$Aşınma\ direnci = \frac{Sürtünme\ sayısı}{Aşınma\ derinliği\ (mm)} \quad (4.17)$$

Aşınma direnci:

- Ahşap malzemenin yoğunluğu arttıkça artar,
- Rutubet oranı arttıkça azalır,
- Ahşabın lifleri ile aşındırıcı kuvvet etkisinin yönü arasındaki açı farkı büyüdükçe artar,
- Yapraklı ağaçlarda dağınık traheelilerde (Bkz. Bölüm 4.4), halkalı traheelilere göre daha fazladır.
- Ahşabın yıl halkalarının sürtünme kuvvetine dik doğrultuda yerleştirilmesi, paralel yerleştirilmesine göre iki kat daha dayanıklıdır.

#### **4.13.RUTUBET DÜZELTME ORANLARI ETKİSİ İLE MEKANİK DEĞER DEĞİŞİMLERİ**

Ahşap malzemenin aldığı rutubet (nem) oranı arttıkça lifleri arasındaki mesafe artacak bu da fiziksel ve mekanik değerlerinde azalma meydana getirecektir. Uluslararası şartnamelerde ahşabın direnci için kabul edilmiş olan oran ahşabın 20 °C ve % 65 nisbi nem ortamına karşılık gelen %12 hava kuruşu ahşabın sahip olduğu mekanik değerlere karşılık gelmektedir (TS 384, 2006). Bu nedenle ahşabın kuru durumdan %25 rutubet oranına değin %1'lik rutubet artışı doğrusal bir denklemle ifade edilmesi kabulü ile ahşabın %12'lik rutubetten farklı bir rutubete sahip olduğu direnç değerleri şartnamelerce belirlenen farklı eşitliklerle kuru haldeki direnç değerlerine dönüştürülebilmektedir.

Bu formüller:

Elastisite modülü için:

Rutubet değerleri % 8-22 arasında iken %1'lik bir rutubet artışı ile elastisite (esneklik) modülünde %2'lik bir azalma oluşmakta, bu azalım:

$$E_{ew} = E_{e12} [1 - 0.02(W - 12)] \quad (4.18)$$

formülü ile hesaplanmaktadır (TS 2478, 1976).

Basınç direnci için:

Rutubet değerleri 8-18 arasında iken %1'lik bir rutubet artışı ile basınç direncinde %6'lık bir azalma oluşmakta, bu azalım:

$$\sigma_{B12} = \sigma_{BW} [1 + 0.06.(W - 12)] \quad (4.19)$$

formülü ile hesaplanmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1996).

Çekme direnci için:

Rutubet değerleri 10-30 arasında iken %1'lik bir rutubet artışı ile %3'lük bir azalma oluşmakta, bu azalım:

$$\sigma_{Ç12} = \sigma_{ÇW} [1 + 0.03 (W - 12)] \quad (4.20)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. (TS 2475, 1976)

Eğilme direnci için:

Rutubet değerleri 8-18 arasında iken %1'lik bir rutubet artışı ile %4'lük bir azalma oluşmakta, bu azalım:

$$\sigma_{E12} = \sigma_{EW} [1 + 0.04(W - 12)] \quad (4.21)$$

formülü ile hesaplanmaktadır, (TS 2474, 1976).

Makaslama direnci için:

$$\tau_{M12} = \tau_{MW} [1 - 0.03 (W - 12)] \quad (4.22)$$

dönüşüm formülü kullanılır, (Bozkurt ve Göker, 1996).

Dinamik eğilme (şok) direnci için:

Mekanik özelliklerde olduğunun aksine ağacın rutubeti lif doygunluğu noktasından daha aşağıya düştükçe şok direnci azalmaktadır. %1'lik rutubet azalması durumunda şok direnci %0.5 oranında azalmakta, bu azalım:

$$\sigma_{DE12} = \sigma_{DEW} [1 + 0.005 (W - 12)] \quad (4.23)$$

formülü ile dönüştürülmektedir. Belli araştırmalara göre de%10-%20 rutubet değerleri arasında şok direnci değişmemektedir (Bozkurt ve Goker, 1996).

Statik sertlik için:

Liflere paralel // sertlik dönüşüm formülü aşağıdaki gibidir:

$$H_{12//} = H_w (1 + 0.04 (W - 12)) \quad (4.24)$$

Liflere dik  $\perp$  sertlik dönüşüm formülü:

$$H_{12\perp} = H_w (1 + 0.025 (W - 12)) \quad (4.25)$$

şeklindedir (TS 2479, 1976).

Birim hacim ağırlığı (yoğunluk) için dönüşüm formülü:

$$\rho_{12} = \rho_w \left[ 1 - \frac{(1 - K)(W - 12)}{100} \right] \quad (4.26)$$

şeklinde kullanılırlar.

Burada  $K = \%1$  'lik rutubet değişimine karşılık hacmin çekme katsayısıdır.

$\rho$  birim olarak  $\text{kg/m}^3$  ise  $\rho_w \times 10^{-3} \times 0.85$ ,  $\text{g/m}^3$  ise  $\rho_w \times 0.85$  değerini alır (TS 2472, 1976).

#### **4.14. 19. YÜZYILA AİT AHŞAP YAPI MALZEME ÖRNEKLERİNDE MEKANİK TEST DEğERLERİ**

Deneylerde tezin çalışma konusunun bulunduğu Süleymaniye bölgesi Demirtaş mahallesi Ayrancı sokak ve Taş Tekneler sokakta yer alan 110–130 yıl arasında yaş değerindeki konutların eski taşıyıcı parçaları deney malzemesi olarak kullanılmıştır (Resim 4.29 ve Resim 4.30).

Yapıların ana taşıyıcılarında genellikle meşe gibi sert ağaçlar kullanıldığı, 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başında inşa edilmiş olan binalarda ise (2. bölümde ayrıntılı olarak anlatılmış bulunan nedenlerden ötürü -halkın yoksullaşması, sıklıklaşan yangınlar nedeni ile kaliteli kereste bulunmasına dair zorluklar vb.-), gürgen ve kayın gibi yapraklı ağaçların da ana taşıyıcı ve payandalarda kullanılmış oldukları gözlemlenmiştir. Yapıların döşeme kirişleri, ara dikmeleri ve bağdadi çıtalarında ise çam türleri kullanılmıştır.



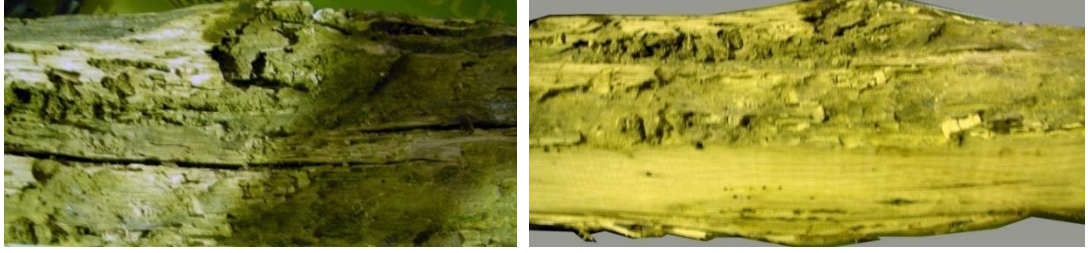


Resim 4.29 Tahribatlı deneylerde kullanılan taşıyıcı elemanlara ait kesitler (Fotograf: Dışkaya)



Resim 4.30 Tahribatlı deneylerde kullanılan taşıyıcı elemanlara ait görünüşler (Fotograf: Dışkaya)

Ahşapların, rutubet etkisi ile mantar ve böcek istilâsına uğradıkları gözlemlenmiştir. Tahribatlı deneylerin ön çalışmalarında, özellikle yapraklı ağaç taşıyıcıların dış çeperlerini sarmış olan mantar ve böcek etkisinden arındırılmaları sonucunda oldukça temiz bir ahşap yüzey ile karşılaşılmıştır (Resim 4.31a. , Resim 4.32b ).



a)

b)

Resim 4.31 Meşe taşıyıcı elemana ait çürümüş kabuk (a) ve aynı ağacın iç kısımlarının (b) görünüşü (Fotograf: Dışkaya)

İğne yapraklı ahşap taşıyıcı elemanlara ait parçalarda ise hücre içi ekstraktif maddeler ve reçinelerin pek çoğunun zaman içerisinde erimiş olmaları nedeni ile gerek tür belirlemede gerek denek parçalarının oluşturulmasında önemli güçlüklerle karşılaşmıştır.

Deney yapılacak ahşap taşıyıcı parçalarının elde edilmesinde karşılaşılan bir diğer güçlük ise taşıyıcılarda büyük demir dövme çivilerin açmış olduğu kesit delikleri olmuştur (Resim 4.32).



Resim 4.32 Gövdesinde çivi bulunan taşıyıcı eleman örneği (Fotograf: Dışkaya)

Tüm deneylerde universal test cihazı kullanılmıştır. Sertlik ve eğilmede elastisite modülü deneyleri için 1000 kg'lık, çekme ve basınç direnci deneyleri için ise 10000 kg'lık Losenheim test cihazı kullanılmıştır (Resim 4.33, Resim 4.35, Resim 4.39). Deneklerin nem oranları %15-20 arasında olduğu için bulunan sonuçların %12'lik nem değerlerinin elde edilmesinde TSE şartnameleri ve literatürdeki dönüşüm formülleri belirleyici olmuştur.

Türk standartları şartnamelerine göre boyutlandırılan deney malzemelerinde, rutubet oranları rutubet ölçer ile ölçülmüş, deneylerde ise malzeme boyutlarının elverdiği biçimde: birim hacim ağırlığı (yoğunluk), dinamik eğilme (şok) direnci, eğilme direnci, elastisite (esneklik) modülü, liflere paralel basınç direnci, liflere paralel çekme direnci, Janka sertlik direnci belirlenmiştir. Deneylerde Süleymaniye bölgesindeki

binalardan elde edilmiş bulunan 110-130 yıllık çam döşeme kirişi, çam ara dikme, göknar döşeme kirişi, göknar ara kayıt, lâdin döşeme kaplaması, kayın payanda, kayın dikme, meşe dikme ve payanda örnekleri incelenmiştir. Çizelge 4.8' de deneylerde kullanılan ağaç türleri yapıdaki kullanım yerleri ve günümüze değin yaklaşık olarak kullanım süreleri verilmiştir.

Çizelge 4.8 Deneylerde kullanılan malzemeler, yapıdaki kullanım yerleri ve kullanım süreleri

Ağaç türü	Denek no	Ağaç cinsi	Malzemenin yapıdaki kullanım yeri	Malzemenin yapıdaki kullanım süresi/yıl
İğne yapraklı ağaçlar	Ç1	Çam (Pinus sylvestris)	Döşeme kirişi	110
	Ç2	Çam (Pinus sylvestris)	Ara dikme	130
	G1	Göknar (Abies alba)	Döşeme kirişi	110
	G2	Göknar (Abies alba)	Ara kayıt	80
	L1	Lâdin( Picea abies )	Döşeme kaplaması	110
	L2	Lâdin( Picea abies )	Döşeme kaplaması	110
Yapraklı ağaçlar	K1	Kayın (Fagus Sylvatica)	Payanda	110
	K2	Kayın(Fagus Sylvatica)	Dikme	110
	M1	Meşe (Quercus robus / petraea)	Dikme	130
	M2	Meşe (Quercus robus / petraea)	Dikme	110
	M3	Meşe (Quercus robus / petraea)	Dikme	130

#### 4.14.1. Statik Eğilmede Elastisite (Esneklik) Modülü Belirleme Deneyi

Deneyler, TS 2478' e göre üniversal test cihazında (Resim 4.33) ve 20 mm x 20 mm x 300 mm boyutundaki kare dik prizma biçiminde hazırlanmış kusursuz deneklerle gerçekleştirilmiştir. Hesaplama Bölüm 4.12.2 ve Formül 4.7'ye, %12 rutubet dönüşümleri ise Formül 4.19' a göre yapılmıştır.

110-130 yıl yapı kullanım ömrü bulunan eski ahşaplarla gerçekleştirilen deneylerde elde edilmiş bulunan elastisite(esneklik) modülü değerleri Çizelge 4.9' da izlenebilir. Çizelge 4.10' da ise yeni ağaçlara ait literatürden alınmış bulunan elastisite (esneklik) modülü değerleri verilmiştir.



Resim 4.33 Üniversal deney cihazında elastisite modülü belirleme deneyine ait bir görünüş (Fotoğraf: Dışkaya)

Çizelge 4.9 110-130 yıl yapı kullanım ömrü bulunan ahşaplara ait liflere paralel elastisite (esneklik) modülü değerleri

Ağaç Türü	Denek No	$E_{e//}$ N/mm <sup>2</sup>	Denek Sayısı
İğne yapraklı ağaçlar	Ç1 (Çam)	3205	8
	Ç2 (Çam)	10319	2
	G1 (Gök nar)	8990	9
	G2 (Gök nar)	4085	4
	L1 (Lâdin)	7532	6
	L2 (Lâdin)	11606	8
Yapraklı ağaçlar	K1 (Kayın)	4298	2
	K2 (Kayın)	10652	5
	M1 (Meşe)	13919	10
	M2 (Meşe)	8876	10
	M3 (Meşe)	10869	10

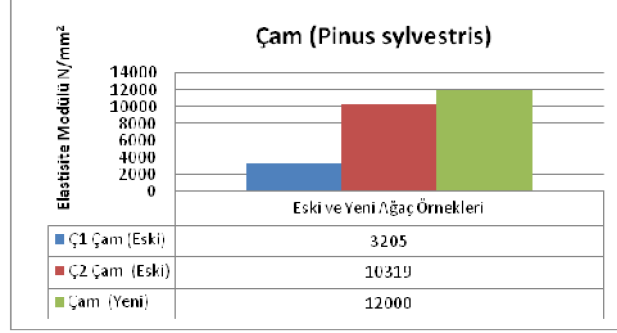
Çizelge 4.10 Bazı ağaç türlerinde elastisite modülü (Örs ve Keskin, 2001), Çizelgedeki değerler kg/cm<sup>2</sup> yerine N / mm<sup>2</sup> olarak kullanılmıştır, (Gök nar için değer: Bozkurt ve Erdin, 1997).

Ağaç Türü	Ağaç Cinsi	$E_{e//}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_{e\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
İğne yapraklı ağaçlar	Lâdin	11 100	550
	Çam	12 000	460
	Gök nar	11 000	490
Yapraklı ağaçlar	Doğu kayını	12 500	-
	Meşe	13 000	1000

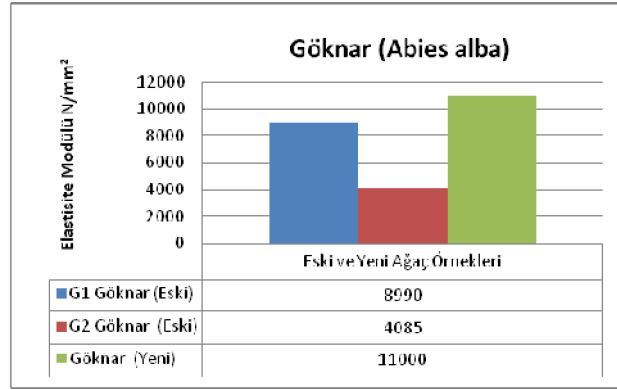
Yapılan deneylerde yapı kullanım ömrü yaklaşık olarak 110-130 yıl olan ahşaplara ait bulunan elastisite (esneklik) modülü değerlerinin literatürdeki yeni ağaç değerleri

ile kıyaslamaları ise çam ağacı (*Pinus Sylvestris*) için Çizelge 4.11’de, göknar ağacı (*Abies alba*) için Çizelge 4.12’ de, lâdin ağacı (*Picea abies*) için Çizelge 4.13’ de, kayın ağacı (*Fagus sylvatica*) için çizelge 4.14’ te, meşe ağacı (*Quercus robus / patraea*) için çizelge 4.15’ te gösterilmiştir.

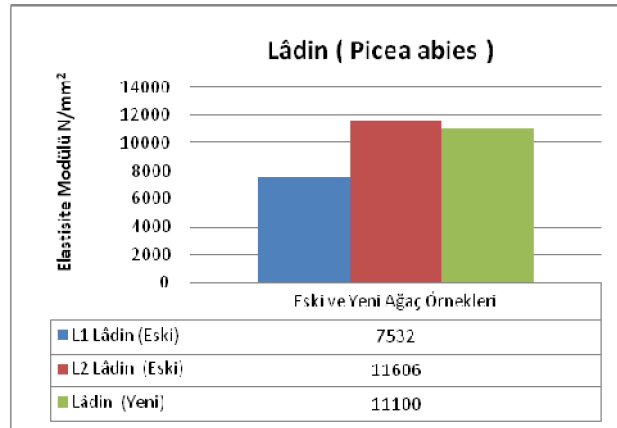
Çizelge 4.11 Eski ve yeni çam malzeme örneklerinin elastisite modülü kıyaslamaları



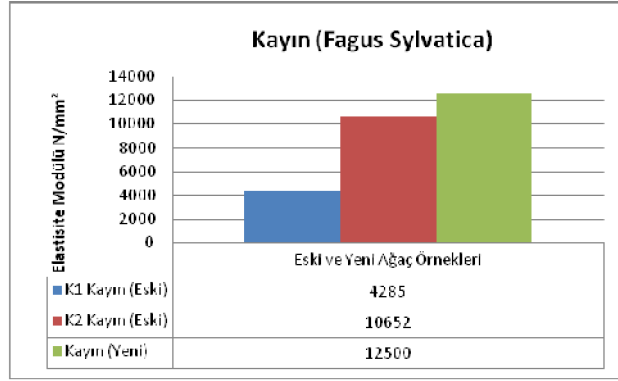
Çizelge 4.12 Eski ve yeni göknar malzeme örneklerinin elastisite modülü kıyaslamaları



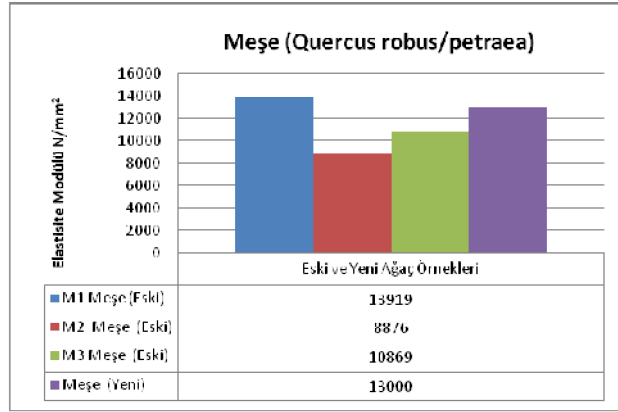
Çizelge 4.13 Eski ve yeni lâdin malzeme örneklerinin elastisite modülü kıyaslamaları



Çizelge 4.14 Eski ve yeni kayın malzeme örneklerinin elastisite modülü kıyaslamaları



Çizelge 4.15 Eski ve yeni meşe malzeme örneklerinin elastisite modülü kıyaslamaları



#### 4.14.2. Liflere Paralel Basınç Direnci Belirleme Deneyi

Deneyler TS 2595' e uygun olarak üniversal test cihazında yapılmıştır (Resim 4.35). Denek olarak kullanılan ahşap örnekleri standarda göre 20 mm x 20 mm x 30 mm boyutunda dik prizma şeklinde kesilmişlerdir (Resim 4.34). Liflere paralel basınç etkilenmiş olan deneklerin durumu Resim 4.36' da izlenebilir.

Deney sonuçlarının hesaplanması Bölüm 4.12.2 ve Formül 4.8' e, %12 rutubet dönüşümleri ise Formül 4.12 'ye göre yapılmıştır.

Bu sonuçlara göre, Çizelge 4.16' da eski yapılara ait ahşap malzemelerin liflere paralel basınç direnci deneylerine ait hesap sonuçları, Çizelge 4.17' de ise, yeni ahşaplara ait literatürden alınmış basınç direnci değerleri izlenebilir.



Resim 4.35 Ünlversal test cihazında basınç deneyi (Fotograf: Dışkaya)



Resim 4.34 Basınç testi için boyutlandırılmış Meşe ağacından denekler



Resim 4.36 Çam ağacından deneklerin test sonrası durumları(Fotograf: Dışkaya)

Çizelge 4.16 110-130 yıl yapı kullanım ömrü bulunan ahşaplara ait liflere paralel basınç direnci değerleri

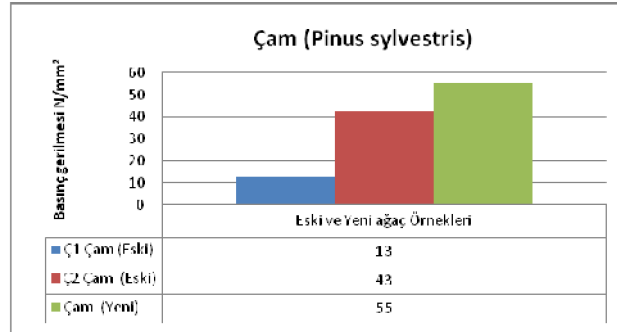
Ağaç türü	Denek No	$\sigma_B$ N/mm <sup>2</sup>	$k_{st}=\sigma_B/\bar{\sigma}_{12} \times 100$	Kalite durumu	Denek Sayısı
İğne yapraklı ağaçlar	Ç1 Çam	13	4	Düşük	15
	Ç2 Çam	43	10	İyi	13
	G1 Gökmar	40	9	İyi	17
	G2 Gökmar	34	8	İyi	16
	L1 Lâdin	43	11	İyi	15
	L2 Lâdin	55	11	İyi	17
Yapraklı ağaçlar	K1 Kayın	24	4	Düşük	9
	K2 Kayın	52	7	Orta	20
	M1 Meşe	81	9	İyi	18
	M2 Meşe	64	8	İyi	15
	M3 Meşe	69	9	İyi	15

Çizelge 4.17 Bazı ağaçların basınç dirençleri (Örs)(Bozkurt, Y., Erdin, N., 258)

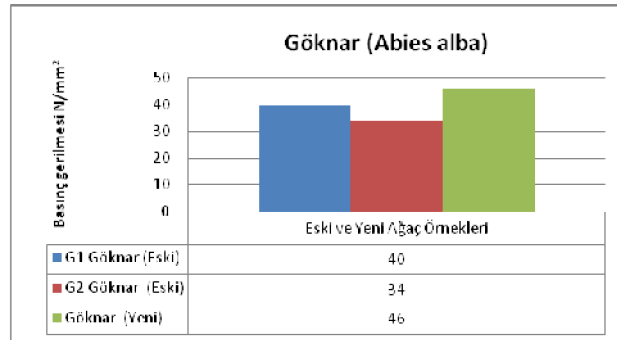
Ağaç türü	Ağaç cinsi	$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	
		$\sigma_{B//}$	$\sigma_{B\perp}$
İğne yapraklı ağaçlar	Çam	55	7,7
	Lâdin	43	5,8
	Douglasie Gökmarı	46	6,2
Yapraklı ağaçlar	Kayın	62	9
	Meşe	60	11

Yapılan deneylerde yapı kullanım ömrü yaklaşık olarak 110-130 yıl olan ahşaplara ait bulunan basınç direnci değerlerinin literatürdeki yeni ağaç değerleri ile kıyaslamaları ise çam ağacı (*Pinus Sylvestris*) için Çizelge 4.18' de, göknar ağacı (*Abies alba*) için Çizelge 4.19' da, lâdin ağacı (*Picea abies*) için Çizelge 4.20' de, kayın ağacı (*Fagus sylvatica*) için çizelge 4.21' de, meşe ağacı (*Quercus robus / patraea*) için çizelge 4.22' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18 Eski ve yeni çam malzeme örneklerinin basınç direnci kıyaslamaları

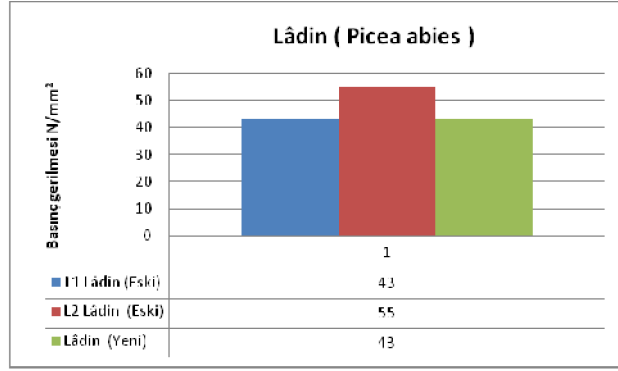


Çizelge 4.19 Eski ve yeni göknar malzeme örneklerinin basınç direnci kıyaslamaları

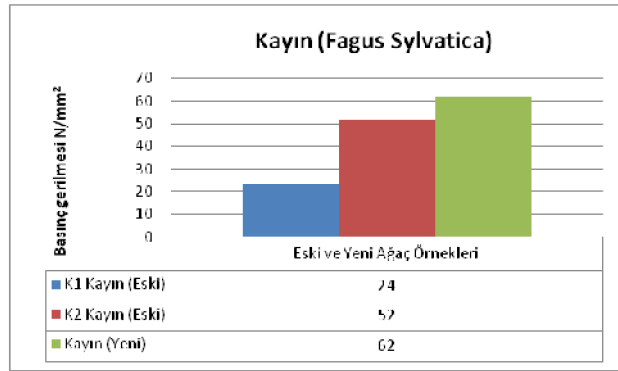




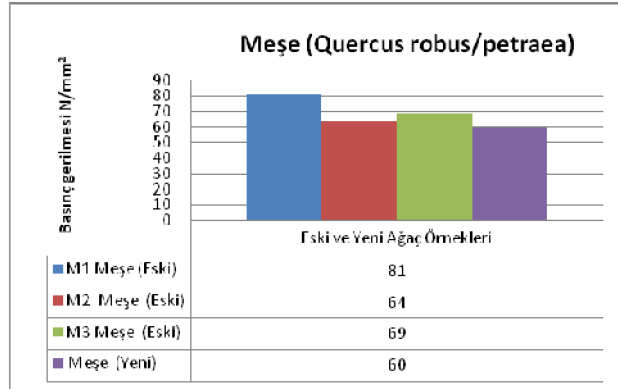
Çizelge 4.20 Eski ve yeni lâdin malzeme örneklerinin basınç direnci kıyaslamaları



Çizelge 4.21 Eski ve yeni kayın malzeme örneklerinin basınç direnci kıyaslamaları



Çizelge 4.22 Eski ve yeni meşe malzeme örneklerinin basınç direnci kıyaslamaları



#### 4.14.3. Liflere Paralel Çekme Direnci Belirleme Deneyi

Liflere paralel çekme direnci deneyi üniversal test cihazı ile TS 2475' e uygun olarak gerçekleştirilmiştir (Resim 4.39). Denek olarak kullanılan ahşap örnekleri standarda göre boyutlandırılmıştır (Resim 4.37). Liflere paralel çekme etkilmiş olan deneklerin test sonucundaki durumları Resim 4.38' de izlenebilir.



Resim 4.37



Resim 4.38

Resim 4.39 Ünlversal makine ile liflere paralel çekme direnci deneyi,  
Resim 4.37 Meşe ağacından biçilmiş deneklerin çekme testinden önceki durumları,  
Resim 4.38 Çam ağacından biçilmiş deneklerin çekme testinden sonraki durumları  
(Fotoğraf: Dışkaya)

Deney sonuçlarının hesaplanmasında Bölüm 4.12.2., Formül 4.10 ve %12 rutubet dönüşümleri ise Bölüm 4.20 'ye göre yapılmıştır.

Bu sonuçlara göre, Çizelge 4.23' te eski yapılarca ait ahşap malzemelerin liflere paralel çekme direnci deneylerine ait hesap sonuçları, Çizelge 4.24' te ise, yeni ahşaplara ait literatürden alınmış çekme direnci değerleri izlenebilir.

Çizelge 4.23 110-130 yıl yapı kullanım ömrü bulunan ahşaplara ait liflere paralel çekme direnci değerleri

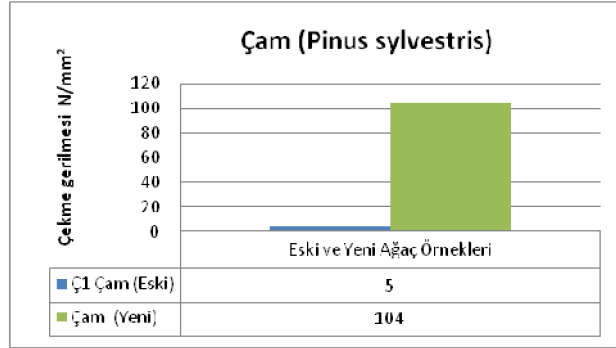
Ağaç cinsi	Denek No	$\sigma_{\text{Ç}}$ N/mm <sup>2</sup>	Denek Sayısı
İğne yapraklı ağaçlar	Ç1 Çam	5	3
	Ç2 Çam	-	-
	G1 Gökmar	55	3
	G2 Gökmar	9	1
	L1 Lâdin	47	2
	L2 Lâdin	63	2
Yapraklı ağaçlar	K1 Kayın	-	-
	K2 Kayın	30	5
	M1 Meşe	-	6
	M2 Meşe	44	5
	M3 Meşe	55	4

Çizelge 4.24 Bazı iğne yapraklı ve yapraklı ağaçların çekme direnci değerleri (Bozkurt, Erdin, 258)

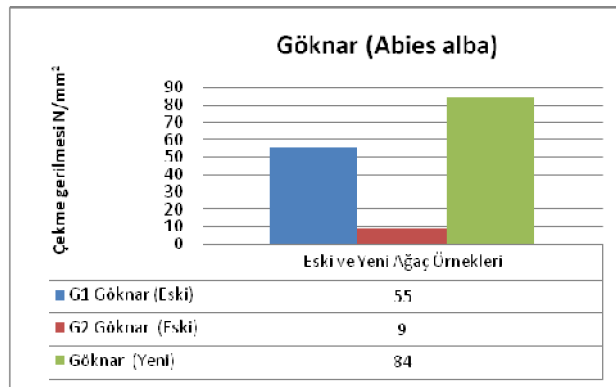
Ağaç cinsi		$\sigma_{\text{Ç}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	
		$\sigma_{\text{Ç//}}$	$\sigma_{\text{Ç⊥}}$
İğne yapraklı ağaçlar	Çam	104	3
	Lâdin	90	2,7
	Gök nar	84	2,3
Yapraklı ağaçlar	Kayın	135	7
	Meşe	90	4

Yapılan deneylerde yapı kullanım ömrü yaklaşık olarak 110-130 yıl olan ahşaplara ait bulunan çekme direnci değerlerinin literatürdeki yeni ağaç değerleri ile kıyaslamaları ise çam ağacı (*Pinus Sylvestris*) için Çizelge 4.25' te, göknar ağacı (*Abies alba*) için Çizelge 4.26' da, lâdin ağacı (*Picea abies*) için Çizelge 4.27' de, kayın ağacı (*Fagus sylvatica*) için çizelge 4.28' de, meşe ağacı (*Quercus robur / patraea*) için çizelge 4.29' da gösterilmiştir.

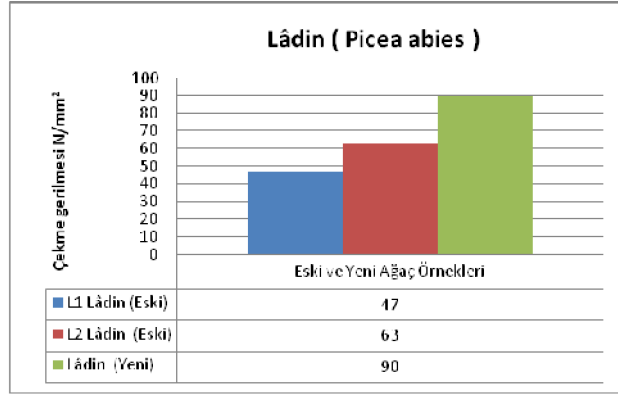
Çizelge 4.25 Eski ve yeni çam malzeme örneklerinin çekme direnci kıyaslamaları



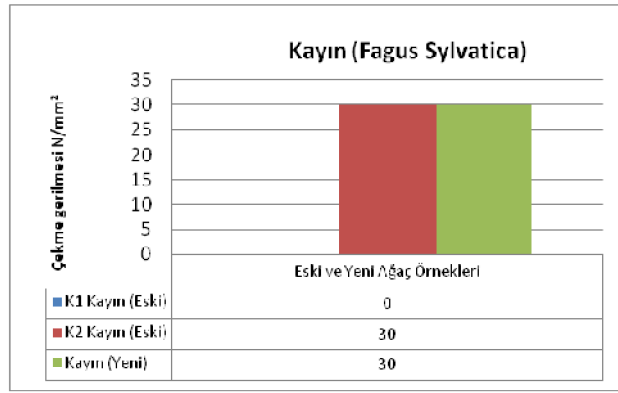
Çizelge 4.26 Eski ve yeni göknar malzeme örneklerinin çekme direnci kıyaslamaları



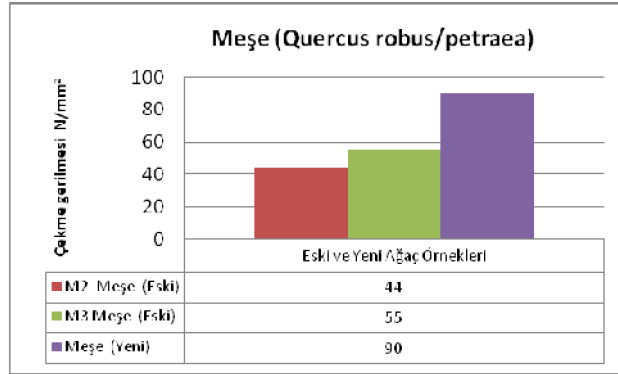
Çizelge 4.27 Eski ve yeni lâdin malzeme örneklerinin çekme direnci kıyaslamaları



Çizelge 4.28 Eski ve yeni kayın malzeme örneklerinin çekme direnci kıyaslamaları



Çizelge 4.29 Eski ve yeni meşe malzeme örneklerinin çekme direnci kıyaslamaları



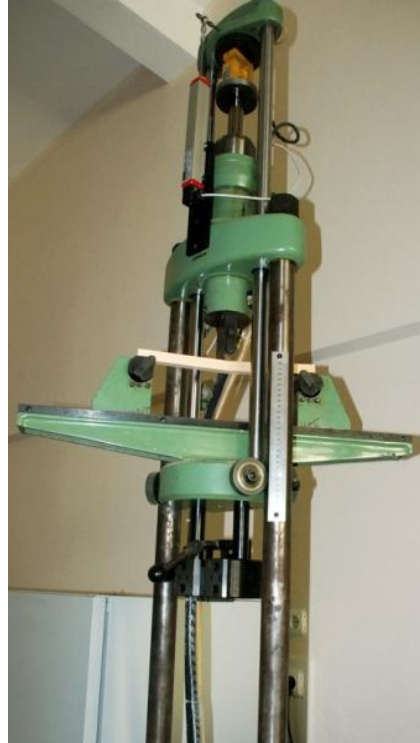
#### 4.14.4. Eğilme Direnci Belirleme Deneyi

Ahşaplarda eğilme direncinin belirlenmesinde kullanılan denek boyutları 20 mm x 20 mm x 360 mm şeklinde boyutlandırılmıştır. Bölüm 4.12.2.' de anlatılmış olduğu gibi eğilme direnci dayanımı deneyi, TS 2474' e uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Deneyde Formül 4.12 kullanılmıştır. Ünlversal deney cihazında yükün denek merkezine tekil olarak etkilmesi ile gerçekleştirilen deneyde (Resim 4.40) %12 rutubet dönüşüm değerleri ise Bölüm 4.13'te anlatıldığı gibi Formül 4.21' e göre hesaplanmıştır. Buna göre Çizelge 4.30' da eski yapısal ahşaplara ait eğilme

dirençleri, Çizelge 4.31' de ise bazı ağaçların hava kurusu eğilme dirençlerinin literatür değerleri izlenebilir.

Çizelge 4.30 110-130 yıl yapı kullanım ömrü bulunan ahşaplara ait eğilme direnci değerleri

EĞİLME DİRENCİ			
Ağaç Cinsi	Denek No	$\sigma_{e12}$ N/mm <sup>2</sup>	Denek Sayısı
İğne Yapraklı Ağaçlar	Ç1 Çam	23	8
	Ç2 Çam	82	2
	G1 Gökmar	78	9
	G2 Gökmar	45	4
	L1Lâdin	65	6
	L2Lâdin	94	8
Yapraklı Ağaçlar	K1 Kayın	21	2
	K2 Kayın	75	5
	M1 Meşe	119	10
	M2 Meşe	86	10
	M3 Meşe	102	10



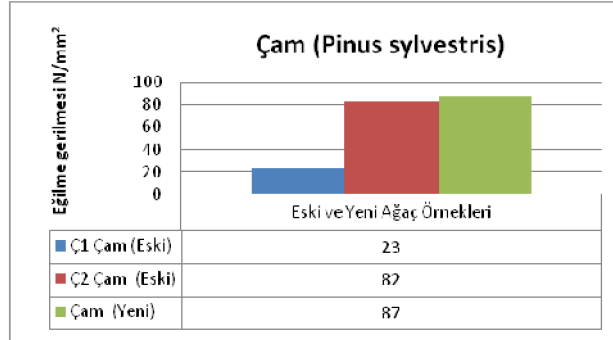
Resim 4. 40 Ünsersal cihazda eğilme direnci deneyi (Fotograf: Dışkaya)

Çizelge 4.31 Bazı Ağaçların Eğilme Dirençleri (Bozkurt ve Erdin, 1997)

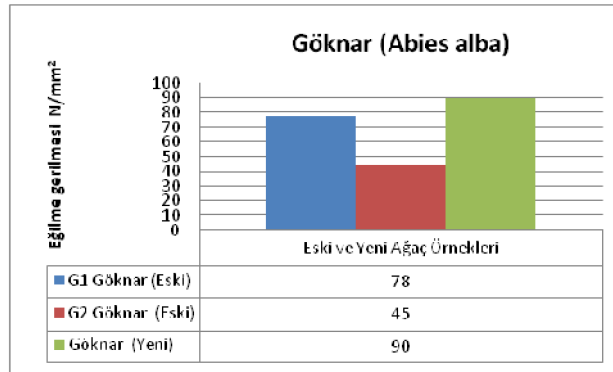
Ağaç Cinsi		$\sigma_E$ N/mm <sup>2</sup>
İğne Yapraklı Ağaçlar	Çam	87
	Lâdin	78
	Göknar	90
Yapraklı Ağaçlar	Kayın	105
	Meşe	94

Yapılan deneylerde yapı kullanım ömrü yaklaşık olarak 110-130 yıl olan ahşaplara ait bulunan eğilme direnci değerlerinin literatürdeki yeni ağaç değerleri ile kıyaslamaları ise çam ağacı (*Pinus Sylvestris*) için Çizelge 4.32' de, göknar ağacı (*Abies alba*) için Çizelge 4.33' de, lâdin ağacı (*Picea abies*) için Çizelge 4.34' te, kayın ağacı (*Fagus sylvatica*) için çizelge 4.35' te, meşe ağacı (*Quercus robus / patraea*) için çizelge 4.36' da gösterilmiştir.

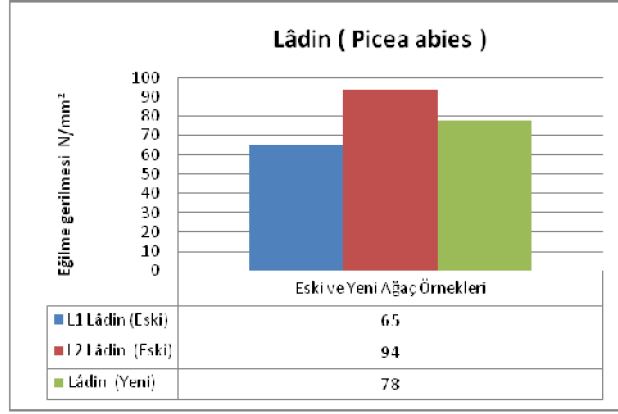
Çizelge 4.32 Eski ve yeni çam malzeme örneklerinin eğilme gerilmesi kıyaslamaları



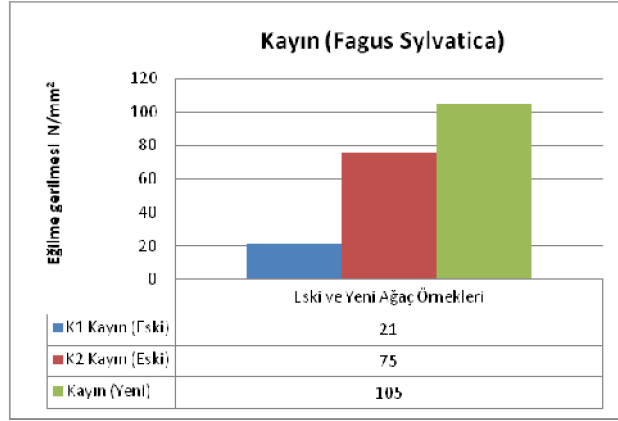
Çizelge 4.33 Eski ve yeni göknar malzeme örneklerinin eğilme gerilmesi kıyaslamaları



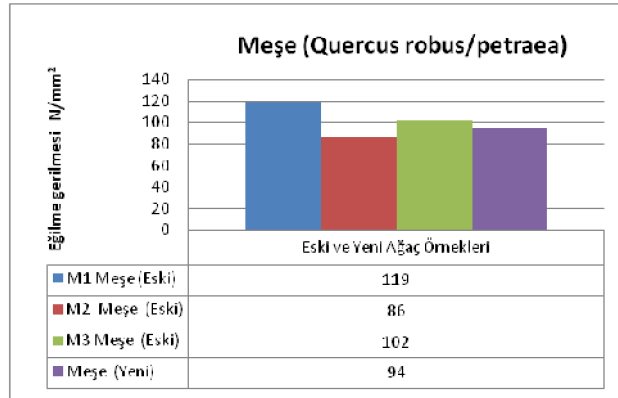
Çizelge 4.34 Eski ve yeni lâdin malzeme örneklerinin eğilme gerilmesi kıyaslamaları



Çizelge 4.35 Eski ve yeni kayın malzeme örneklerinin eğilme gerilmesi kıyaslamaları



Çizelge 4.36 Eski ve yeni meşe malzeme örneklerinin eğilme gerilmesi kıyaslamaları



#### 4.14.5. Dinamik Eğilme (Şok) Direnci Belirleme Deneyi

Bu deney, ahşapların dinamik eğilme (şok) dirençlerinin belirlenmesi amacı ile yapılmıştır. Deneylerde yalnızca ladin, kayın ve meşe ağacından örnekler kullanılabilmiştir, bunun nedeni her ağaçtan yeterli sayıda deney parçasının elde edilememiş olmasıdır. Deneylerde kullanılan parçalar, "TS 2477, 1976, TSE Türk Standartları, Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini" şartnamesine göre, 20 mm x 20 mm x 300 mm olarak boyutlandırılmıştır. Deneyler Mohr & Federhaff (Resim 4.421 cihazı ile yapılmıştır. Resim 4.42 a)'da deneklerin deneyden önceki durumları, Resim 4.42 b)'de ise deneklerin deneyden sonraki durumları görülmektedir. Şok direnci hesaplamaları bölüm 4.12.2.'ye uygun olarak yapılmıştır. Deneylerde Formül 4.14, %12 rutubet dönüşümünde ise Formül 4.23 kullanılmıştır.



Resim 4.41 Dinamik eğilme (şok) direnci ölçüm cihazı



a



b

Resim 4.42 Meşe örneklerin a) kırılmadan önceki ve b) kırıldıktan sonraki durumları(Fotograf: Dışkaya)

Hesaplamalara göre 110-130 yıllık kullanım ömrüne sahip olan ahşap taşıyıcı örneklerinde yapılmış test sonuçlarında elde edilmiş olan dinamik eğilme (şok direnci) değerleri Çizelge 4.37'de izlenebilir.



Çizelge 4.37 110-130 yıl yapı kullanım ömrü bulunan ahşaplara ait dinamik eğilme (şok direnci) değerleri

DİNAMİK EĞİLME (ŞOK) DİRENCİ			
Denek No	KN/cm	Kalite faktörü	Denek Sayısı
Ç1 Çam	-	-	-
Ç2 Çam	-	-	-
G1 Gökmar	-	-	-
G2 Gökmar	-	-	-
L1 Lâdin	0.12	0.15<0.8 (gevrek-kolay kırılır)	5
L2 Lâdin	0.24	0.23<0.8 (gevrek-kolay kırılır)	4
K1 Kayın	-	-	-
K2 Kayın	0.11	0.55<0.8 (gevrek-kolay kırılır)	10
M1 Meşe	0.55	0.88 (0.8-1.2 - Orta)	9
M2 Meşe	0.25	0.63<0.8 (gevrek-kolay kırılır)	4
M3 Meşe	0.28	0.56<0.8 (gevrek-kolay kırılır)	8

#### 4.14.6. Statik Sertlik Direnci Belirleme Deneyi (Janka Yöntemi)

Örnek ağaçlarda TS 2479 numaralı Türk Standardı olan Odunun Statik Sertliğinin Tayinine göre 50 mm X 50 mm X 50 mm (Resim 4.43 a) boyutuna getirilen örneklerde liflere dik, radyal ve teğet kesitlerde Janka sertlik deneyi yapılmıştır. Deneylerde 1 ton basınç ve çekme değerine sahip üniversal deney cihazı kullanılmış ve sonuçlar bilgisayar ortamında elde edilmiştir (Resim 4.44 a ve Resim 4.44 b). Resim 4.43 b) 'de deneklerin testten sonraki durumları izlenebilmektedir.



a



b

Resim 4.43 a) Statik sertlik ölçümünde kullanılan meşe ağacından denekler  
b) Janka testi uygulanmış olan ahşap yüzeyler (Fotoğraf: Dışkaya)



a



b

Resim 4.44 a) Sertlik deneyinin gerçekleştirildiği universal test cihazı b) Ölçümlerin yapıldığı bilgisayar sistemi (Fotoğraf: Dışkaya)

Yapı kullanım ömrü yaklaşık 110-130 yıl olan denek parçalarının enine, radyal ve teğet yüzeylerine ait sertlik testi sonuçları Çizelge 4.38' de verilmiştir. Bazı yeni ağaçlara ait yüzeysel sertlik değerleri ise Çizelge 4.39' da verilmiştir. %12 rutubet dönüşümlerinde liflere paralel // sertlik için Formül 4.24, liflere dik  $\perp$  sertlik için ise Formül 4.24 kullanılmıştır.

Çizelge 4.38 110-130 yıl yapı ömrü bulunan ahşap yapı malzemelerine ait yüzeysel sertlik değerleri

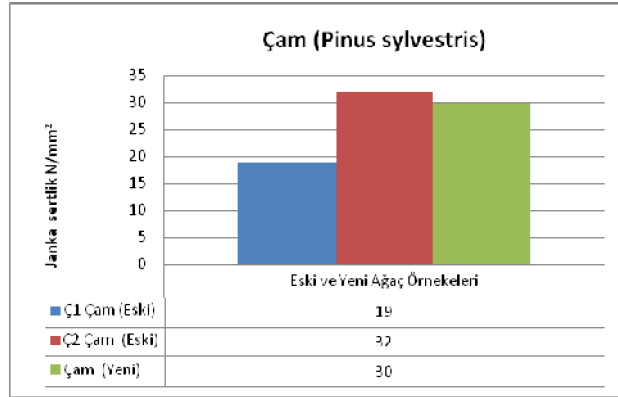
JANKA SERTLİK DİRENCİ				
Denek No	%12 rutubet değeri dönüşümü değerleri			Denek Sayısı
	Teğet Yön Radyal Kesit	Radyal Yön Teğet Kesit	Enine Yön Enine Kesit	
	N/mm <sup>2</sup>			
Ç1 Çam	19	12	13	10
Ç2 Çam	32	23	27	3
G1 Gök nar	39	22	25	6
G2 Gök nar	25	14	17	5
L1 Lâdin	31	17	18	6
L2 Lâdin	38	18	21	7
K1 Kayın	50	41	39	2
K2 Kayın	78	47	53	10
M1 Meşe	100	83	84	10
M2 Meşe	88	68	61	10
M3 Meşe	99	72	64	6

Çizelge 4.39 Bazı Ağaçların yüzeysel sertlik değerleri (Bozkurt ve Erdin, 1997).

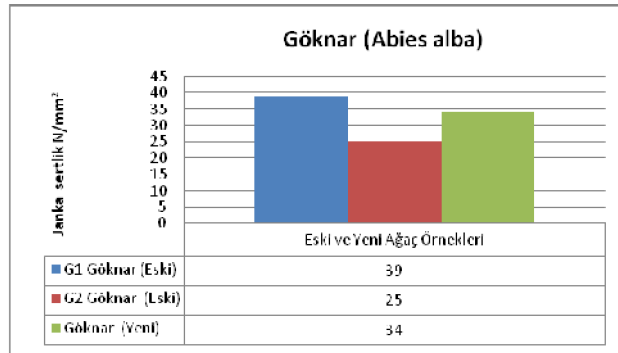
Ağaç Cinsi		Sertlik (Janka) N/mm <sup>2</sup>
İğne Yapraklı Ağaçlar	Çam	30
	Lâdin	27
	Gökmar	34
Yapraklı Ağaçlar	Kayın	73
	Meşe	67

Yapılan deneylerde yapı kullanım ömrü yaklaşık olarak 110-130 yıl olan ahşaplara ait bulunan Janka sertlik direnci değerlerinin literatürdeki yeni ağaç değerleri ile kıyaslamaları ise çam ağacı (*Pinus Sylvestris*) için Çizelge 4.40' ta, gökmar ağacı (*Abies alba*) için Çizelge 4.41' de, lâdin ağacı (*Picea abies*) için Çizelge 4.42' de, kayın ağacı (*Fagus sylvatica*) için çizelge 4.43' te, meşe ağacı (*Quercus robus / patraea*) için çizelge 4.44' te gösterilmiştir.

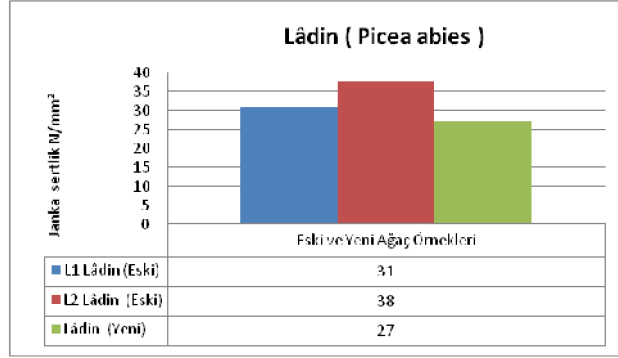
Çizelge 4.40 Eski ve yeni çam malzeme örneklerinin Janka sertlik direnci kıyaslamaları



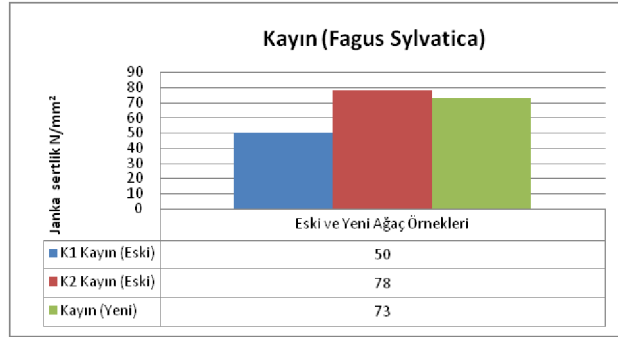
Çizelge 4.41 Eski ve yeni gökmar malzeme örneklerinin Janka sertlik direnci kıyaslamaları



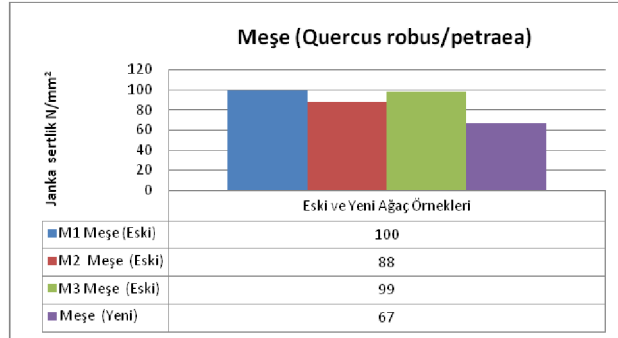
Çizelge 4.42 Eski ve yeni lâdin malzeme örneklerinin Janka sertlik direnci kıyaslamaları



Çizelge 4.43 Eski ve yeni kayın malzeme örneklerinin Janka sertlik direnci kıyaslamaları



Çizelge 4.44 Eski ve yeni meşe malzeme örneklerinin Janka sertlik direnci kıyaslamaları



#### 4.14.7. Birim Hacim Ağırlığı (Yoğunluk) Belirleme Ölçümleri

Bu işlem, deneylerde kullanılacak olan ahşapların birim hacim ağırlıklarının (yoğunluk) belirlenmesi amacı ile yapılmıştır. Deneylerde kullanılacak ahşap parçaları TS 2472' de belirtildiği üzere 20mm x 20 mm x 30 mm şeklinde boyutlandırılmıştır. Deney parçalarının boyut ölçümleri 0,001 mm hassasiyetli dijital mikrometre ile yapılmıştır. Deneklerin ağırlıkları ise 0,01 g hassasiyetli dijital ağırlık ölçer ile yapılmıştır (Resim 4.46).



Resim 4. 45 Yoğunluk belirlenmesinde kullanılan denekler ve ölçüm sistemi (Fotograf: Dışkaya)

Yoğunluk hesaplamalarında:

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w} \quad (4.27)$$

formülü kullanılmıştır.

Burada:

$\rho_w$  = Rutubet miktarı w olan denek birim hacim ağırlığı, g/cm<sup>3</sup> veya kg/m<sup>3</sup>

$m_w$  = Rutubet miktarı w olan denek ağırlığı, g veya kg,

$V_w$  = Rutubet miktarı w olan denek hacmi cm<sup>3</sup> veya m<sup>3</sup> tür.

Yoğunluk değerleri, TSE, Türk Standartları, TS 2472/ Kasım 1976'da belirlenmiş olduğu gibi ve Bölüm 4.13'te anlatılmış olduğu biçimde Formül 4.26 ile %12'lik rutubet değerine dönüştürülmüştür.

Çizelge 4.45' te eski ağaçlarda ölçümlere bağlı yoğunluk değerleri Çizelge 4.46' da ise bazı yeni ağaçlara ait yoğunluk değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.45 110-130 yıl yapı ömrü bulunan ahşap yapı malzemelerine ait yoğunluk değerleri

Denek No	$\rho_{12}$ g /cm <sup>3</sup>	Denek Sayısı
Ç1 (Çam)	0,331	15
Ç2 (Çam)	0,435	10
G1 (Gökmar)	0,450	15
G2 (Gökmar)	0,413	16
L1 (Lâdin)	0,390	15
L2 (Lâdin)	0,480	16
K1 (Kayın)	0,615	9
K2 (Kayın)	0,742	17
M1 (Meşe)	0,936	16
M2 (Meşe)	0,794	15
M3 (Meşe)	0,749	15

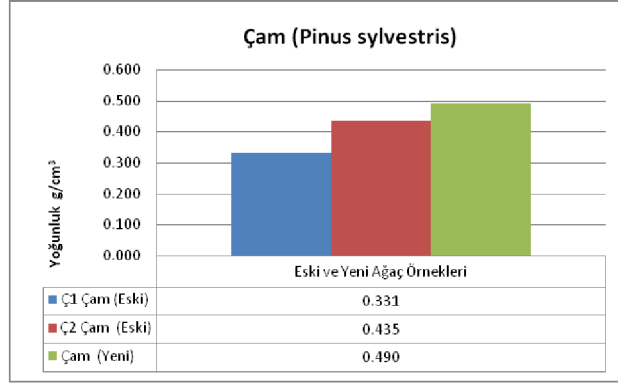
Bazı ağaçların literatürdeki yoğunluk değerleri ise Çizelge 4.46' da izlenebilir.

Çizelge 4.46 Bazı ağaçların hava kuru yoğunluk değerleri (Bozkurt ve Erdin, 1997).

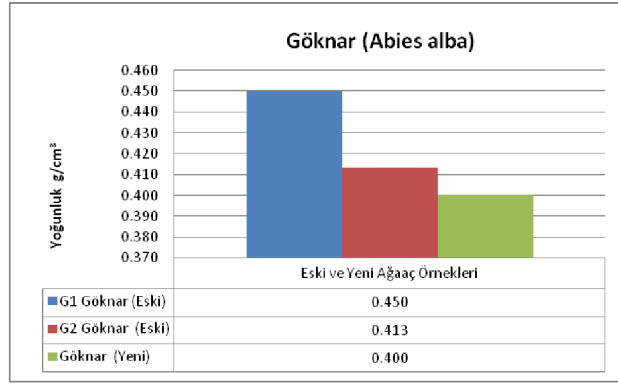
Ağaç Türü	$\rho_{12}$ g /cm <sup>3</sup>
Çam	0.490
Gökmar	0.400
Lâdin	0.420
Kayın	0.660-0.860
Meşe	0.640-0.890

Yapılan deneylerde yapı kullanım ömrü yaklaşık olarak 110-130 yıl olan ahşaplara ait bulunan yoğunluk değerlerinin literatürdeki yeni ağaç değerleri ile kıyaslamaları ise çam ağacı (Pinus Sylvestris) için Çizelge 4.47' de, gökmar ağacı (Abies alba) için Çizelge 4.48' de, lâdin ağacı (Picea abies) için Çizelge 4.49' da, kayın ağacı (Fagus sylvatica) için çizelge 4.50' de, meşe ağacı (Quercus robur / patraea) için çizelge 4.51' de gösterilmiştir.

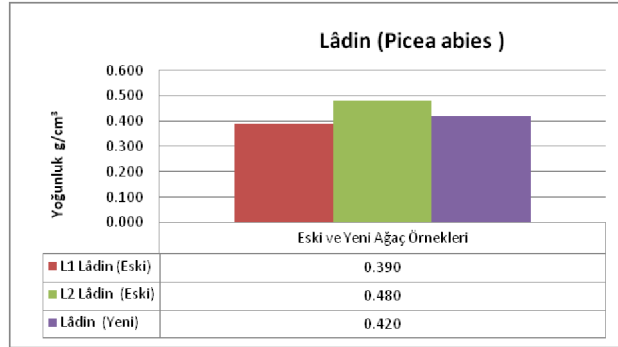
Çizelge 4.47 Eski ve yeni çam malzeme örneklerinin yoğunluk değeri kıyaslamaları



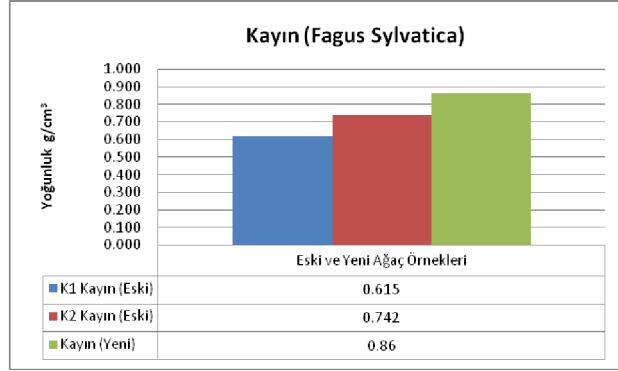
Çizelge 4.48 Eski ve yeni göknar malzeme örneklerinin yoğunluk değeri kıyaslamaları



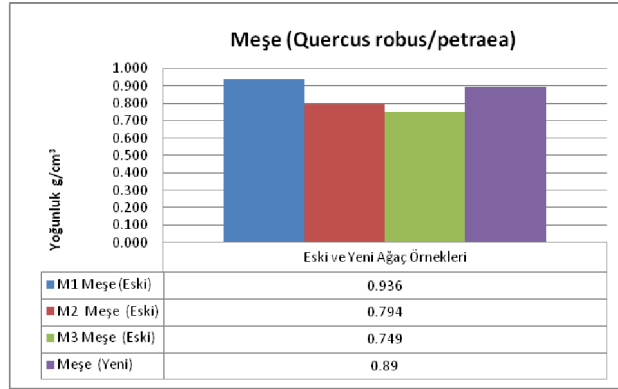
Çizelge 4.49 Eski ve yeni lâdin malzeme örneklerinin yoğunluk değeri kıyaslamaları



Çizelge 4.50 Eski ve yeni kayın malzeme örneklerinin yoğunluk değeri kıyaslamaları



Çizelge 4.51 Eski ve yeni meşe malzeme örneklerinin yoğunluk değeri kıyaslamaları



#### 4.15. BÖLÜM SONUCU

Deneylerin yapılma amacı ahşap yapılarda yüz yıldan fazla (110-130 yıl) kullanım ömrü bulunan ve günümüze ulaşmış olan ahşap malzemelerin fiziksel ve mekanik değerlerinin öğrenilmesi isteği olmuştur. Tezin konusu olan İstanbul'daki 19'uncu yüzyıla ait ahşap yapıların taşıyıcı sistem elemanları olan meşe, çam, lâdin, göknar ve kayın gibi ağaçlara ait deneysel verilerin literatürde bulunmayışının bu yapıların deprem karşısındaki davranışlarının sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan modellemelerde değerlendirilebilmeleri konusunda oldukça büyük bir eksiklik yaratması bu deneylerin yapılması gereğini doğurmuştur. Deney sonuçlarından elde edilen değerler modelleme kriterleri için belirli bir oran sağlamakla birlikte daha fazla yapı üzerinde daha fazla denek sayısı ile geleneksel yapılarda kullanılan ahşap türlerinin belirlenmesi ve yapı ömrü ile deneklerin fiziksel ve mekanik kaliteleri arasındaki ilişkiye değgin daha derin araştırmaların yapılması gerekliliği açıktır.

Deneylerde meşe ağacı örneklerinin bazılarının eski ve böceklenmiş olmalarına rağmen taşıma gücü değerlerinin standartlara uygun olduğu bazılarının ise standart değerlerin üzerinde oldukları görülmüştür. Bu nedenle strüktürel anlamda eski yapı malzemelerinin daha önemli bir çerçeve içerisinde değerlendirilmesi gerekliliği



konusu ortaya çıkmıştır. Bu konunun uzmanları tarafından daha detaylı incelenmesinin geleneksel ahşap yapıların koruma yaklaşımlarında önemli olmalarının yanı sıra modern ahşap yapı üretimi için de aydınlatıcı veriler oluşturabileceği göz önünde tutulması gereken bir gerçektir.

Bununla birlikte, günümüzdeki teknolojik gelişim düzeyine bağlı olarak, geleneksel sistemde üretilmiş olan yapılarda kullanılan ahşapların taşıyıcı sistem değerlendirilmesi için en doğru sonuçlara gerçek ahşap boyutundaki taşıyıcı sistem elemanları üzerinde yapılan deneylerle ulaşılabileceği sonucuna varıldığı söylenebilir.

Eski ağaçlar üzerinde yapılan deneylerin yeni ağaçlarla kıyaslanabilmeleri için literatür değerleri kullanılmakla birlikte bu değerlerin farklı kaynaklarda birbirlerinden farklı değerler taşımaları da standardizasyon yaklaşımı açısından önemli bulunmuştur. Bu nedenle kıyaslama için yalnızca bir tek kaynak kullanılması yoluna gidilmiştir. Bununla birlikte EuroCode5, UNI (Norma Italiana) gibi uluslararası ahşap şartname yaklaşımlarının Türkiye’de üretilen ahşaplara uyarlanması uluslararası bilimsel yaklaşımlardaki farklılıkları ortadan kaldırabilir.

## **5. GELENEKSEL AHŞAP YAPILARDAKİ DEPREM ETKİSİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Bu bölümde İstanbul'daki geleneksel ahşap yapılardan günümüze erişmiş olan bir 19. yüzyıl yapısının deprem davranışı sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiştir. Süleymaniye Ayrancı Sokak No: 13' te yer alan Ali Kurultay Evi denek olarak seçilmiş, yapının mimari ve taşıyıcı sistem rölöve ve restitüsyonları Mimar Ali Kurultay'dan alınan çizim ve restorasyon uygulamalarına bağlı olarak yapılmış ve sonlu elemanlar yöntemi kullanan bir programa (SAP2000) tanıtılmıştır. Yapının deprem analizleri zaman tanımlama yöntemi (time history analysis) ile yapılmıştır. Kullanılan Programda İstanbul üzerinde etkili olmuş ve yaklaşık 10 şiddetinde gerçekleşmiş bulunan 1999 Adapazarı ve Düzce depremlerine ait Kandilli Rasathanesi verileri kullanılmıştır. Yapının yeni yani 1900 başlarında inşa edildiği döneme ait, günümüze geldiği durumundaki eski ağaçların taşıma gücü değerlerinin etkilmesi ile ve düğüm noktalarındaki kopma durumlarının model üzerindeki etkileri irdelenmek istenmiştir.

Modelleme sonuçları arasında yapılan kıyaslamalarla, ahşap yapıların deprem dayanımlarını etkileyen koşullar, koruma ve güçlendirme yöntemlerine dair sistem geliştirilmesi ve yeni ahşap yapı üretim yaklaşımları için bir ön araştırma oluşturulmak istenmiştir.

### **5.1. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ**

Sonlu elemanlar metodu fiziksel anlamda yapı taşıyıcı sistemlerinin matematiksel olarak ifade edilerek analitik ve sayısal çözümlenmelerle boyutlandırılabilirliği için bilgisayar teknolojisinin ilerlemesi ile geliştirilmiş bir strüktürel analiz yöntemidir. Yöntem 1940'lardan itibaren geliştirilmeye başlanılmıştır. Günümüzde son derece kompleks inşaat, havacılıkla ilgili (aeronautical), biyomekanik ve otomotiv endüstrisine ait mühendislik problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu metotta karmaşık yapı sistemleri sonlu sayıda çubuk ya da yüzey elemanlarına dönüştürülerek matematiksel analizlerinin yapılabilmesi için bilgisayar programlarına tanıtılırlar. Bu programlar aracılığı ile sisteme dolayısı ile elemanlara etkiyen kuvvetler ile oluşan gerilme ve deformasyon miktarları hesaplanarak taşıyıcı sistem boyutlandırılması doğru bir biçimde yapılabilir. Böylelikle mühendisliğin temel bileşeni olan üretim ekonomisi etkin ve doğru bir biçimde gerçekleştirilebilir, (URL-18, 2010).

Günümüzde sonlu elemanlar yöntemi ile kullanılan bilgisayar programlarında, ön tanımlı malzeme ve uluslararası şartnameler aracılığı ile strüktürel sisteme etkiyen

kuvvetler ve boyutlandırmalar gelişkin bir biçimde yapılabilmektedir. Bununla birlikte programlarda tanımlı olmayan malzemelerin ise o malzemeyi tanımlayıcı mekanik değerler ve şartname değerlerinin programa sonradan tanıtılması ile gerçekçi çözümler ve doğru boyutlandırmalar yapılabilmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi ile hesap yapabilen programlar arasında: SAP2000, STAAD.Pro, Lusas, Strand7 vb. sayılabilir. Bu doktora çalışmasında statik ve dinamik analiz için modelleme aracı olarak SAP2000 programı kullanılmasının nedeni ise programın yazılım firması olan COMPUTERS & ENGINEERING' in doktora çalışması süresince programın kullanımına bedelsiz olarak izin vermesi olmuştur.

### **5.1.1. SAP2000 Programı ile Yapısal Analiz**

SAP2000 yapıların strüktürel modellemelerinin grafik bir ara yüz kullanılarak yapıldığı bir analiz ve boyutlandırma programıdır (Özmen ve diğ., 2004). Programda çelik ve betonarme yapıların sistem analizleri için gereken malzeme özellikleri ve şartnameler ön tanımlı olarak yer almaktadır. Böylelikle bu yapı sistemlerinin boyutlandırılması da program tarafından otomatik olarak yapılabilmektedir. Ahşap yapı modellemesi için aynı durum söz konusu değildir; SAP2000 programı ahşap yapı analizinde kullanılabilen fakat boyutlandırmayı kendi içerisinde özellikle ahşap malzeme için yapmayan bir programdır. Boyut ve malzeme tanımlamalarının program kullanıcısı tarafından yapılması gerekmektedir. Programın içerisinde ahşap ve kârgir yapı şartnameleri tanımlanmamış olduğu için çubuk ve kârgir yapı elemanlarına etkiyen kuvvetler belirlendikten sonra el ile veya Excel'le geliştirilmiş boyutlandırma programları kullanılarak hesaplama yapılması gerekmektedir.

Programda ahşap yapı modelinin oluşturulması için öncelikle yapı sistemini oluşturan çubuk elemanlar ile duvar ve kabuk elemanlarını ifade eden sonlu elemanların tanımlanarak sistem geometrisinin oluşturulmasıdır. Bunun için:

A. Çubuk eleman kesitleri ve boyutları ile kabuk elemanlara ait kesit ve boyutların programda tanımlanması,

B. Kullanılan malzemelerin tanımlanması. Örneğin: kullanılan ahşapların cinslerine göre (meşe, çam, vb.) ve kârgir duvar malzemesine ait elastisite modüllerinin sisteme tanıtılması,

C. Sistemin mesnet özelliklerinin belirlenmesi,

D. Sisteme etkiyen statik ve dinamik yüklerle birlikte bu yüklerin şartnamelerce belirlenmiş olan katsayılarla çarpılması ile oluşturulan yük kombinasyonlarının tanımlanması, (ölü yük, hareketli yük, rüzgâr yükü, kar yükü, deprem yükü vb.)

E. Analiz: Yapının statik ve dinamik analizi yapılarak çubuklara veya duvarlara etkiyen kuvvetler ve momentlerin belirlenmesi,

F. Boyutlandırma: Sisteme etkileyen kuvvet ve momentler program ile belirlendikten sonra bu kuvvetlere ve momentlere göre kesitlerin yeterli olup olmadığının çeşitli şartnameler yardımı ile hesaplanması şeklinde bir yöntem belirlenebilir.

## 5.2. ÖRNEK BİR YAPININ FARKLI ANALİZ KRİTERLERİ İLE SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ KULLANILARAK STATİK VE DİNAMİK ANALİZİ

### 5.2.1 Yapının tanımı ve tarihçesi

Eminönü ilçesi Süleymaniye semti Demirtaş Mahallesi Ayrancı Sokak, 496 ada, 96 pafta, 13 parsel yer alan sıra ev, Şeyh-ül İslamlık bahçesinde inşa edilmiş bir parselde yer almaktadır (Şekil 5.1, Resim 5.1, Resim 5.2).



Şekil 5.1 Demirtaş Mahallesi Ayrancı Sokak'ın Tarihi Yarımada'daki konumu (URL-19, 2010)



Resim 5.1 Hava fotoğraflarında yapı adasının ve binanın konumu (URL-19, 2010)



Resim 5. 2 Demirtaş Mahallesi 13 Numarada Yer Alan Yapı (Fotograf: Dışkaya)

Yapı, 1913-1914 Alman Mavileri haritalarında görülmekte (Şekil 5.2) fakat 1904-1906 yılları arasında hazırlanmış olan Goad Haritalarında bulunmamaktadır (Şekil 5.3). Bu nedenle 1907-1912 tarihleri arasında inşa edildiği söylenebilir.



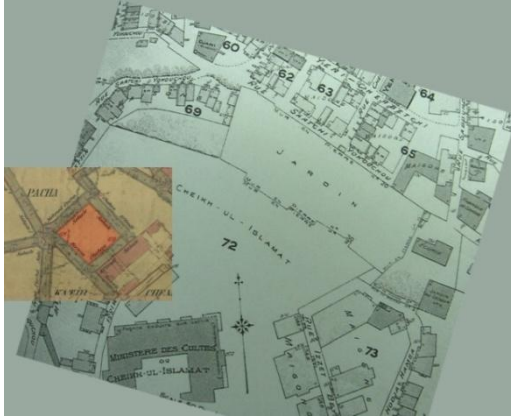
Şekil 5.2 Alman Mavileri Haritalarında 1913-1914 Demirtaş Mahallesi Ayrancı Sokak (İ.B.B. Kütüphane ve Müzeler Sokak)



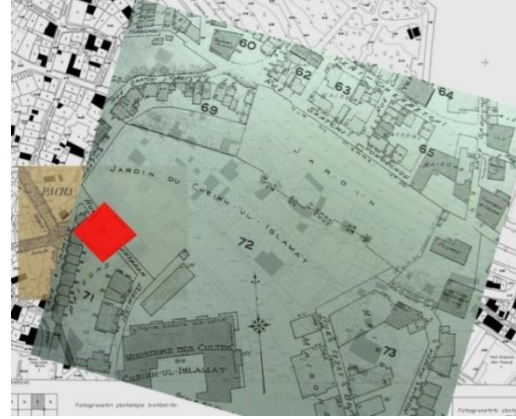
Şekil 5.3 Goad Haritalarında 1904 Demirtaş Mahallesi Ayrancı Sokak (Ali Kurultay Arşivi)

Müdürlüğü)

Belediye hâlihazır haritaları ve Alman Mavi Haritaları, Goad Haritaları ile karşılaştırıldığında yapının bulunduğu adanın yeri tam olarak saptanabilmektedir.



Şekil 5.4 Goad ve Alman Mavi Haritalarının karşılaştırılmasına göre yapı adasının konumu (Yorum: Dışkaya)



Şekil 5.5 İ.B.B. Halihazır Paftaları ile Goad ve Alman Mavileri Haritalarının karşılaştırılmasına göre yapı adasının konumu (Yorum: Dışkaya)

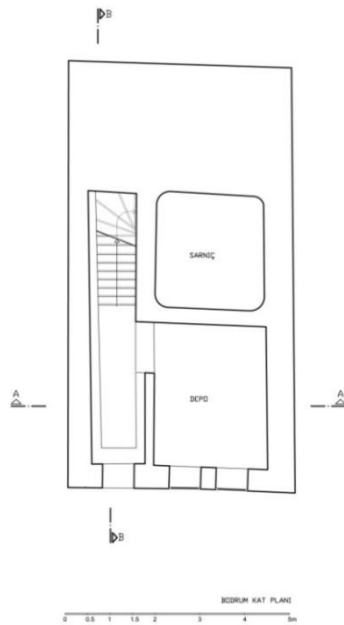
Sıra ev konumunda bulunan ahşap yapı kârgir bir bodrum kata oturmakta olup, ahşap bir zemin kat ile birinci ve ikinci katlardan oluşmaktadır. Yapının bodrum katında bir sarnıç bulunmakta, komşu binalar ile arasında sağ ve sol tarafında olmak üzere iki sıra tuğlalı birer yangın duvarı bulunmaktadır. Cepheye bakış durumuna göre sol yanında bulunan yangın duvarı komşusu olan ikiz planlı binaya ait olup yapının kendisine ait yangın duvarı sağ tarafında bulunmaktadır.

## 5.2.2. Mimari Özellikleri

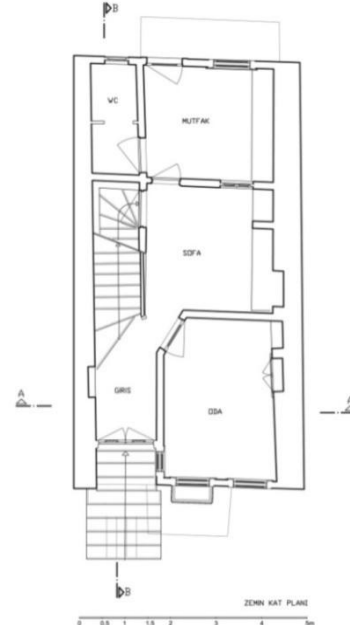
### 5.2.2.1. Plân Özellikleri

Yapının restorasyon çalışmasını yürüten Mimar Ali Kurultay'dan alınmış olan bilgilere göre binanın temel kazılarının iki ayrı bina plânı hakkında bilgi vermekte olduğu görülmüştür. Bu kazılarda kısa olan ve daha geç dönemde betonarme ile yükseltilmiş arka bölümün altında daha önce inşa edilmiş ve daha uzun bir binanın bulunduğu verilerine ulaşılmıştır. Buna bağlı olarak sunulan tüm plân ve buna bağlı strüktür çalışmaları, konutun Mimar Ali Kurultay tarafından yapılmış olan rölövesi ve bölgede yer alan diğer konut plânları temel alınarak bir restitüsyon niteliğini taşımaktadır. Yapının altında farklı kotlarda farklı temeller bulunma gerekçesinin ise şehri durmadan yakıp yıkan yangınlar olduğu şüphesizdir.

Yapının plân şeması Türk evi plân tiplerinden iç sofalı ev tipine girmektedir. 19. yüzyılın sonlarına doğru göçlerle artmış olan kent nüfusunun ihtiyaçları doğrultusunda üretilmiş sıra ev tipolojisindedir.



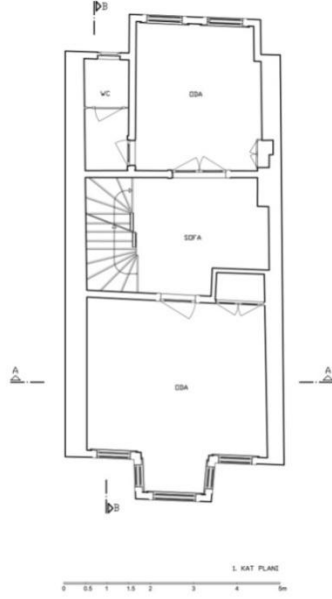
Şekil 5.6 Bodrum kat restitüsyon plânı (Dışkaya)



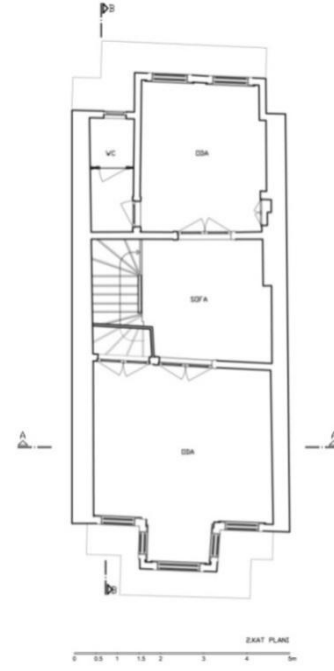
Şekil 5.7 Zemin kat restitüsyon plânı (Dışkaya)

Eve ön cepheden merdivenlerle çıkılmaktadır (Şekil 5.7). Zemini çini kaplı giriş bölümünden pahlı bir köşe kapısı ile sağ tarafta yer alan selamlık odasına girilmektedir. Selamlık odasından sofaya ayrı bir çıkış bulunmaktadır. Sofanın sağ duvarında bir ocak yer almaktadır. Buradan ise arka bahçeye bakan çini döşeme kaplamalı mutfak ve tuvalete geçilmektedir. Mutfaktan bahçeye açılan bir kapı bulunmaktadır. Sofanın ışık alabilmesi için ortak mutfak duvarına bir pencere açılmıştır. Sofa merdiveninden inilen bodrum katta ise volta tavanlı bir sarnıç ve ön

cepheye bakan bir oda yer almaktadır (Şekil 5.6). Giriş bölümünün alt kısmındaki döşeme de volta tekniğinde yapılmıştır.



Şekil 5.8 1. kat restitüsyon plânı (Dışkaya)

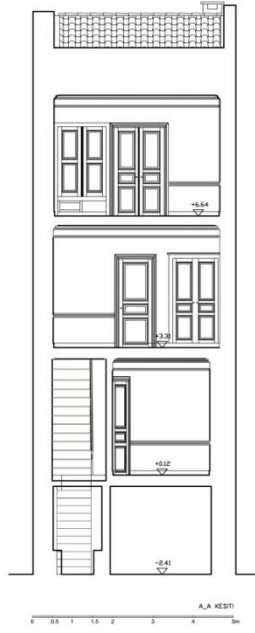


Şekil 5.9 2. kat restitüsyon plânı (Dışkaya)

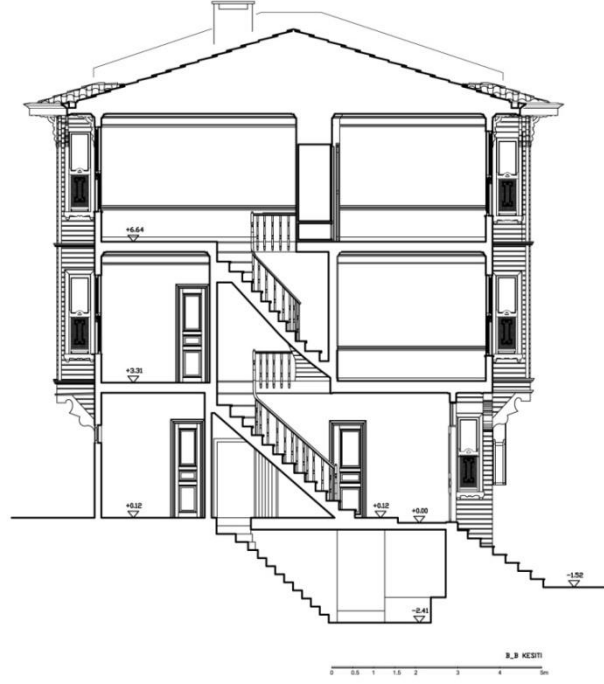
Sofadaki merdivenle ulaşılan birinci ve ikinci kat plânları birbirinin aynısıdır. Merdivenin açıldığı sofadan evin ön kısmındaki Ayrancı sokağa ve arka kısmındaki bahçeye bakan odalara geçilmektedir. Sokağa bakan odalar her iki katta da cumbalıdır. Bu odalardan birinci katta merdiven boşluğuna gelecek şekilde ikinci katta ise sofaya bakan duvarda birer yüklük yer almaktadır. Sofadan geçilerek ulaşılan ve bahçeye bakan arka odalar da cumbalıdır ve bu bölümde birer tuvalet bulunmaktadır. (Şekil 5.8, Şekil 5.9, Şekil 5.10, Şekil 5.11).

Ön ve arka cephe yönlerinde eğimli beşik çatı ise muhtemelen ilk inşa edildiği durumda eğimleri yangın duvarına doğru verilmiş alaturka kiremitli bir kırma çatı iken son inşasında marsilya kiremitli, eğimi ön arka cepheye verilerek yapılmıştır. Bunun nedeni ise yapının iki yanında yer alan yangın duvarlarının su almalarının ve böylelikle bu duvarlara oturtulmuş ahşap taşıyıcıların da çürümelerinin önlenmesi düşüncesi olmalıdır.





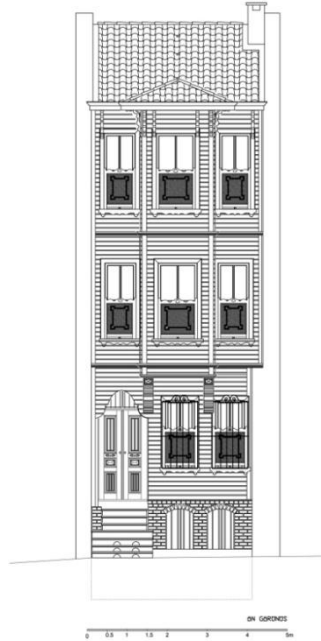
Şekil 5.10 A-A kesiti restitüsyon  
(Dışkaya)



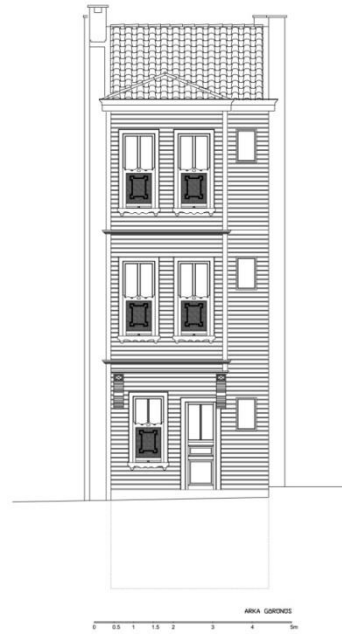
Şekil 5.11 B-B kesiti restitüsyon  
(Dışkaya)

### 5.2.1.2. Cephe Özellikleri

19. yüzyıl sonu 20. yüzyıl başına tarihlenilebilecek olan ahşap konut ampir cephe özellikleri taşımaktadır. Düz hatların hâkim olduğu ahşap kaplamalı cephede pencereler düz hatlı pervazları ile mimariyi belirginleştirmektedir. Katlar arasında cephe boyunca devam eden silmeler yapıya bir ritim kazandırmaktadır.



Şekil 5.12 Ön görünüş restitüsyon  
(Çizim: Dışkaya)



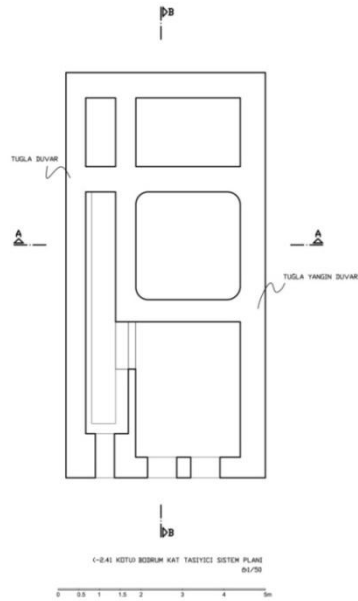
Şekil 5.13 Arka görünüş restitüsyon  
(Çizim: Dışkaya)

Pencerelerde hareketli giyotin kafesler bulunmaktadır. Çatı saçak altında da neo klasik bir saçak silmesi vardır ve saçak pencere pervaz çizgileri ile bir simetri içerisinde bütünleşmiş furuşlara taşınmaktadır. Ön ve arka cephedeki cumbalar sağ ve sollarında ahşap çitallerla giydirilmiş konsollara taşınmaktadır. Pencere pervazları olabildiğince sadedir. Yalnızca alt dış denizlik alt kısımlarına dekupajla eğrilik kazandırılmıştır. Yapının sol ve sağ yanlarında ikişer sıra tuğla yangın duvarı vardır. Bunlardan cepheye göre solda yer alan yangın duvarı komşusu olan ikiz eve aittir. Sağdaki yangın duvarı ise konutun kendisi ile birlikte inşa edilmiştir. Bodrum kat cephesi ise yine dolu tuğla duvar olarak inşa edilmiştir ve pencere üst kısımları hafif kemerlidir (Şekil 5.12, Şekil 5.13).

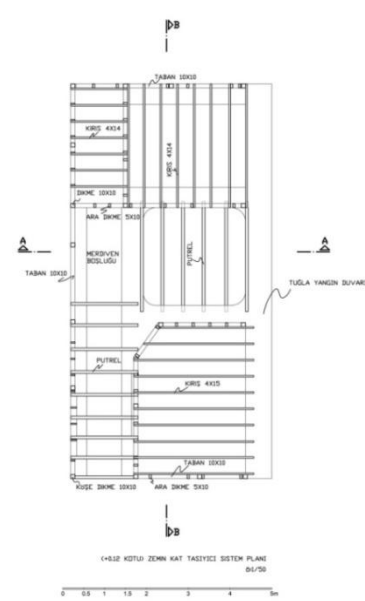
### 5.2.3. Strüktürel Özellikleri

Ayrancı sokak 13 numaradaki bina, kârgir bir bodrum kata oturan ahşap karkas bir zemin, birinci ve ikinci katlardan oluşmaktadır. Yapının restorasyon aşamalarına ait fotoğrafları ve aynı dönemde inşa edilmiş olan 14 ve 15 parsellerdeki ikiz evlerin taşıyıcı strüktürünün açık olması dönemin yapım teknikleri, malzeme ve strüktür özellikleri hakkında oldukça yeterli bilgiye ulaşılmışını sağlamıştır.

Bu verilere göre taş olarak inşa edilen temel duvarları üzerine iki veya iki buçuk tuğla örülerek bodrum kat duvarları inşa edilmiştir (Şekil 5.14, Şekil 5.15). Bu duvar yapının sağ tarafında yangın duvarı olarak çatı seviyesine değin yükselir (Şekil 5.20). Bodrum kat duvarı üzerine oturtulmuş olan zemin kata ait alt tabanlar ve ana dikmelerde 10cmx10cm boyutlarında meşe ağacı, kullanılmıştır.

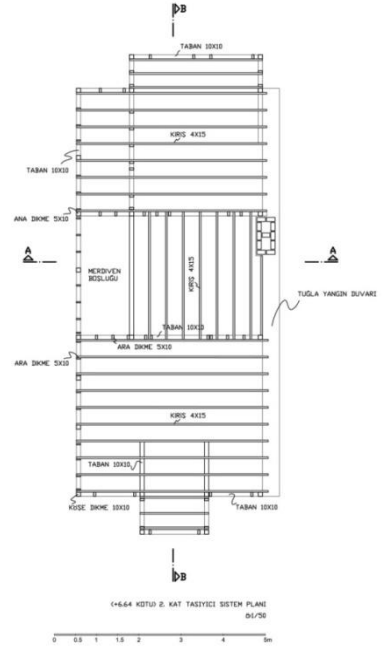
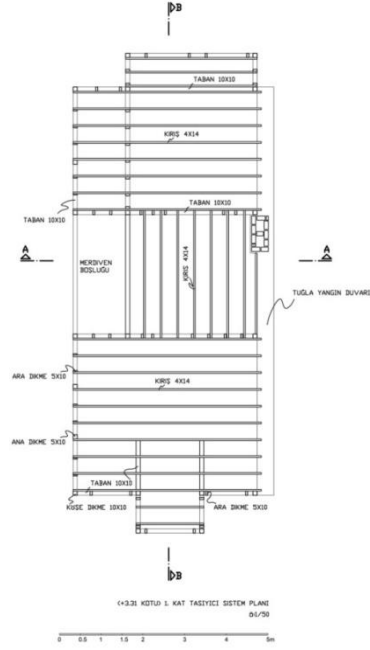


Şekil 5.14 -2.41 kotu taşıyıcı sistem restitüsyon plânı (Çizim: Dışkaya)



Şekil 5.15 +0.12 kotu taşıyıcı sistem restitüsyon plânı (Çizim: Dışkaya)

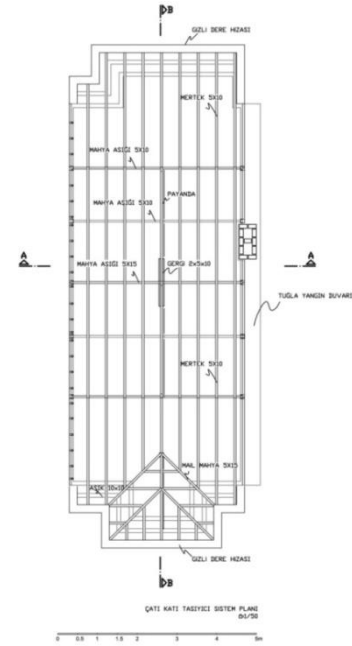
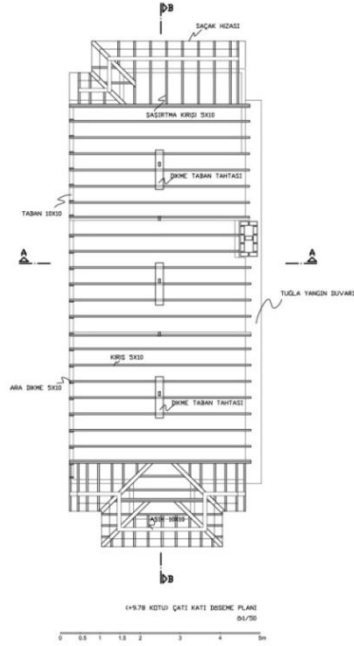
Ara dikmelerde 5cmx10cm ve döşeme kirişlerinde 4cmx15cm ve/veya 4cmx14cm boyutlu çam ağacı kullanıldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.16 1. Kat (+3.31 kotu) taşıyıcı sistem restitüsyon plânı (Çizim: Dışkaya)

Şekil 5.17 2. Kat (+6.64 kotu) taşıyıcı sistem restitüsyon plânı (Çizim: Dışkaya)

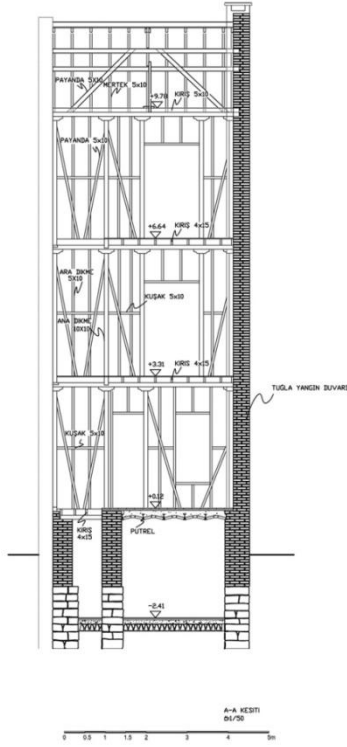
Döşeme kirişleri birinci ve ikinci katlarda ve ikinci kat tavanında yangın duvarına otururlar (Şekil 5.16, Şekil 5.17, Şekil 5.18). Döşeme kaplaması olarak yine çam ağacı kullanılmıştır.



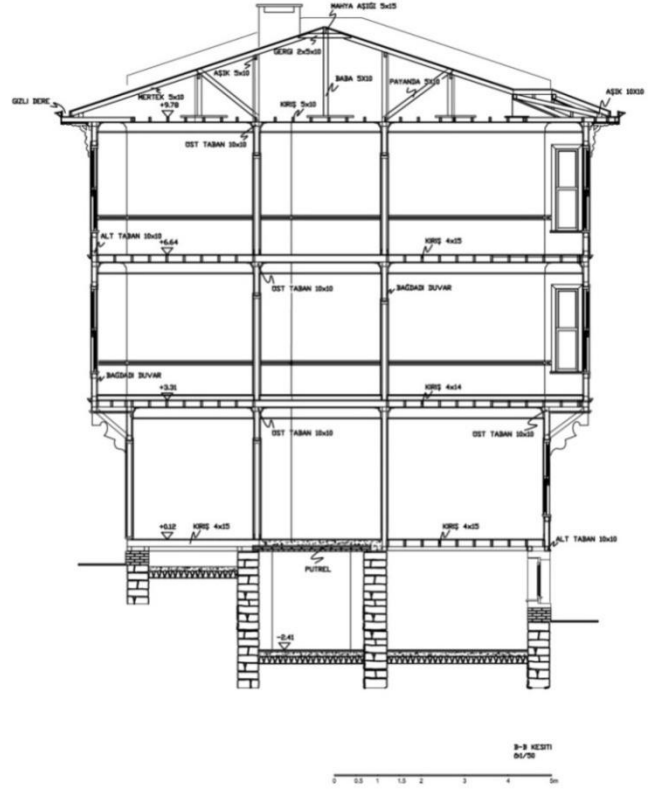
Şekil 5.18 2. Kat tavanı taşıyıcı sistem restitüsyon plânı (Çizim: Dışkaya)

Şekil 5.19 Çatı katı taşıyıcı sistem restitüsyon plânı (Çizim: Dışkaya)

Zemin kat giriş ve sarnıç üzerindeki çini kaplama örtüyü taşıyan döşeme voltadır (Şekil 5.20, Şekil 5.21). Yapının duvar içi payandalarında (Şekil 5.20) yine meşe ağacı, bağdadi çıtalar ve cephe kaplamalarında ise çam ağacı kullanılmıştır. Çatı strüktürü oldukça basittir. Yapının ön ve arka cephesine doğru eğim verilmiş olan çatı, oturma çatıdır. Çatıda kullanılan mahya aşığı 5cmx15cm meşe ağacından yapılmıştır. Aşıklar 10cmx10cm boyutunda ve mertekler 5cmx10cm çam ağacındandır. Kiremit altı tahtasında çam ağacı kullanılırken dikme ve payandaları meşe ağacındandır. Çatı örtüsü olarak Marsilya kiremiti kullanılmıştır.



Şekil 5.20 A-A kesiti restitüsyon  
(Çizim: Dışkaya)



Şekil 5.21 B-B kesiti restitüsyon  
(Çizim: Dışkaya)

### 5.3. DEPREM MODELLEMESİNDE SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İÇİN ANALİZ KRİTERLERİ

İstanbul'daki geleneksel ahşap yapıların deprem dayanımlarının bir bilgisayar programı ile modellenerek davranışlarının izlenmesi düşüncesi, onları depreme karşı güçlü kılan özelliklerinin belirlenmesi isteği olmuştur. Günümüzde halen varlığını sürdürebilen ahşap konutların taşıyıcı sistemleri incelendiğinde bu sistemlerin birbirleri ile birebir aynı olmamakla birlikte, yapısal ana ölçütleri koştur bir biçimde taşıdıkları izlenebilir. Deprem dayanımı konusuna gelince, günümüzden 100-150 yıl önce üretilmiş bir ahşap konutun çürüme ve böceklenme gibi nem ve bakımsızlıktan kaynaklanan problemler dışında, malzemenin eskiyip yorulması gibi

olumsuz özelliklere karşın halen ayakta durabilmesi bunun yanı sıra depremlere karşı da dayanıklılık gösterebilmesi dikkat çekicidir.

Bu olumsuzluklar göz önüne alındığında modellemenin belirli ölçütler altında sınıflandırılarak yapılması gerekmiştir. Modelleme ölçütleri belirli başlıklar altında toplanacak olursa:

1. modellemede yapının ilk inşa edildiği zaman taşıdığı özellikler göz önüne alınacaktır. Bu durumda strüktürü oluşturan çubuk elemanlar yeni ağaçların taşıma gücü özelliklerine göre tanımlanacaktır.

2. modellemede Yaklaşık 110 yıllık bir yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanların taşıma gücü özellikleri göz önüne alınacaktır. 4. bölümde modellenen binanın bulunduğu bölgeye ait yaklaşık 110-130 yıllık taşıyıcı elemanlar üzerinde mekanik testler yapılmış bulunmakla birlikte test sonuçları bir genelleme yapılabilmesi için yeterli bulunmamıştır. Bu nedenle kullanılan elastisite modülleri literatür değerlerinin belirli oranlarda azaltılması kabulü ile kullanılmıştır. Ayrıca bu malzemeler üzerinde yapılan laboratuvar gözlemleri doğrultusunda çürükler ve böceklenme etkisi ile oluşan kesit kayıpları ve birim ağırlık azalması da modellemede etkin faktör olarak kullanılmıştır.

3. modellemede ise ana taşıyıcıyı oluşturan çubuk elemanların kârgir temel üzerine oturması ve çatı saçakları altında su alma sonucunda oluşan rutubet ve çürüme etkisi ile düğüm noktalarındaki kopmalar göz önüne alınarak sistemin deprem davranışı incelenmiştir.

### **5.3.1 Strüktür ve Malzeme Açısından Yeni Bir Yapının Analizi**

Bu modellemede yukarıda da belirtilmiş olduğu gibi yapının ilk inşa edildiği zamana ait taşıma gücü ve deprem davranışı incelenmiştir. Bu nedenle, modellemede özgün taşıyıcı elemanların yeni olduğu varsayılmıştır. Taşıyıcı sistem gerçekte olduğu gibi ana taşıyıcılar olan tabanlar, dikmeler ve payandalar meşe; ara dikme kuşak ve döşeme kirişleri çam; çatıda ise dikme, payanda ve aşıklar meşe, mertekler ise çam ağacı olacak şekilde modellenmişlerdir (Çizelge 5.1).

Modellemede cephe kaplamaları, içeride bağdadi çita ve bünyesinde kırık bulunan kireç bazlı sıva, döşeme ve tavan kaplamaları, kiremit altı kaplaması göz önünde bulundurulmamıştır.

Çizelge 5.1 Modellemede kullanılan ağaçlar, boyutları ve kullanıldıkları yerler

Kullanılan taşıyıcılar	Boyutlar cm x cm	Ağaç cinsi
Tabanlar ve ana dikmeler	10 x10	Meşe
Payandalar	5 x 105	Meşe
Ara dikmeler	5 x 10	Çam
Döşeme kirişleri	4 x 15	Çam
Kuşaklar	5 x 10	Çam
Çatı döşeme kirişleri	5 x 10	Çam
Aşıklar	5 x 10 ve 5 x 5	Meşe
Mertekler	5 x 10	Çam
Çatı dikmeleri	5 x 10	Meşe
Çatı payandaları	5 x 10	Meşe

Modellemede kullanılan elastisite (esneklik) modülü değerleri:

Sağlam yapı için yapılan modellemede elastisite (esneklik) modülü ve emniyet gerilmeleri değerleri, taşınır ve taşınmaz ahşap kültürel mirasa ait eserlerin yerinde teşhis edilebilmeleri amacı ile yapılmış olan bir İtalyan normu olan UNI 11119 (UNI 11119, 2004) dan alınan değerler kullanılmıştır. Yapının ana taşıyıcısı olan meşe ağacı için üçüncü sınıf, ara dikme kirişlerde kullanılan çam ağacı için ise yine üçüncü sınıfa ait elastisite modülü değerleri, ahşap malzemenin emniyetle taşıyabileceği aksenal kuvvetler için ise yine üçüncü sınıf meşe ve üçüncü sınıf çam ağacına ait liflere paralel çekme ve basınç emniyet gerilmesi değerleri kullanılmıştır (Bkz. Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 Büyük boyutlu ağaç cinsleri için yerinde yapılmış değerlendirme sonuçlarına göre, %12 rutubet değeri için sınıflandırma, ortalama elastisite modülü ve emniyet gerilme değerleri

Cins	Ahşap sınıfı	Maksimum gerilmeler (N/mm <sup>2</sup> )					
		basınç		statik eğilme	çekme <sup>1)</sup> liflere paralel	kesme (liflere paralel)	eğilmede elastisite modülü
		Liflere paralel	Liflere dik				
Gümüş göknar (Abies alba Mill.)	I	11	2.0	11.5	11	0.9	13 000
	II	9	2.0	10	9	0.8	12 000
	III	7	2.0	7.5	6	0.7	11 000
Lâdin (Picea abies Karst.)	I	10	2.0	11	11	1.0	12 500
	II	8	2.0	9	9	0.9	11 500
	III	6	2.0	7	6	0.8	10 500
Melez (Larix spp.)	I	12	2.5	13	12	1.1	15 500
	II	10	2.2	11	9.5	1.0	14 500
	III	7.5	2.0	8.5	7	0.9	13 500
Çam (Pinus spp.)	I	11	2.0	12	11	1.0	13 000
	II	9	2.0	10	9	0.9	12 000
	III	7	2.0	8	6	0.8	11 000
Kestane (Castanea sativa Mill.)	I	11	2.0	12	11	0.8	10 000
	II	9	2.0	10	9	0.7	9 000
	III	7	2.0	8	6	0.6	8 000
Kavak (Populus spp.)	I	10	1.5	10.5	9	0.6	9 000
	II	8	1.5	8.5	7	0.5	8 000
	III	6	1.5	6.5	4.5	0.4	7 000
Meşe (Quercus spp.)	I	12	3.0	13	12	1.2	13 500
	II	10	2.5	11	10	1.0	12 500
	III	7.5	2.2	8.5	7	0.9	11 500

1) Liflere dik maksimum gerilme sifıra eşit olarak kabul edilir.

Yapıya etkilenen modelleme yüklerinde ise yapının kendi taşıyıcı sistemine ait ağırlıklar ve TS 498'den alınmış olan hareketli yük, kar ve rüzgâr yükü değerleri kullanılmıştır, Çizelge 5.3 (TS 498, 1997).

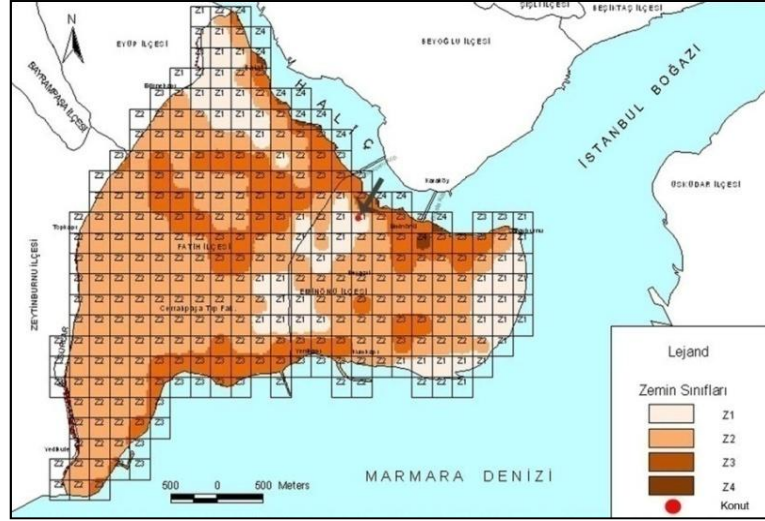
Çizelge 5.3 Yapıya etkiyen yükler

Yapıya etkiyen yükler kg/m <sup>2</sup>	
Ölü yükler	$g_{döşeme} = 50$ $g_{duvar} = 54$
Hareketli yük	$q = 200^1)$
Kar yükü	$g_{kar} = 75^2)$
Rüzgâr yükü	$75 \times \cos\alpha(18,26^0) 2^3)$
1), 2), 3) (TS 498, 1997)	

Yapının birinci derecede deprem bölgesinde yer almasına karşın, jeolojik ve geoteknik zemin araştırma verilerine göre oturduğu zeminin sağlam olduğu (Şekil 5.22) görülmüştür. Yapıya ait bölge ve zemin verileri ise Çizelge 5.4' te izlenebilir.

Çizelge 5.4 Süleymaniye Ayrancı Sokak bölge ve zemin verileri

Yapının bölge ve zemin verileri	
Deprem bölgesi	B1 (Şekil 3.1)
Zemin Sınıfı	Z1 (Şekil 5.22)



Şekil 5.22 Tarihi Yarımada'nın yerel zemin koşullarının büyütme özellikleri ile jeolojik-geoteknik yapısının karşılaştırılması (İnce, 2007)

Zaman tanımlama yöntemi (time history) analizi için yapıya etkiyen depremler:

Yapının deprem analizi için "Zaman Tanımlama Yöntemi" (Time History Analysis) kullanılmıştır. Programa yakın zamanda İstanbul'u en çok etkileyen depremler olan 17 Ağustos 1999 Kocaeli (Resim 5.1) ve 12 Kasım 1999 Düzce (Resim 5.2) depremlerine ait veri kayıtları yüklenmiştir. Deprem verileri Berkeley Üniversitesi PEER Kuvvetli Yer Hareketi Veritabanından (Strong Motion Database) (URL-20, 2011) alınmıştır. Veri tabanında bulunan deprem ve istasyon karakteristikleri ve deprem maksimum değerleri SeismoSignal Programına aktararak depremlerin ivme-zaman grafiği oluşturulmuştur.

17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi Kayıtları

Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi'nin NGA Veritabanına göre  $40.727^0$  enlem,  $29.990^0$  boylamda, derinliği: 15 km, fay kırığı uzunluğu: 137.5 km, genişliği: 20.2 km, ortalama fay yer değiştirmesi: 207.2cm olan 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi (Resim 5.1) kayıtları ve istasyon verileri Çizelge 5.5' te (URL-21, 2011) izlenebilir.





Resim 5.1 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi ve deprem kayıt istasyonu (URL-22, 2011)

Çizelge 5.5 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi, deprem ve istasyon detayları (URL-21, 2011)

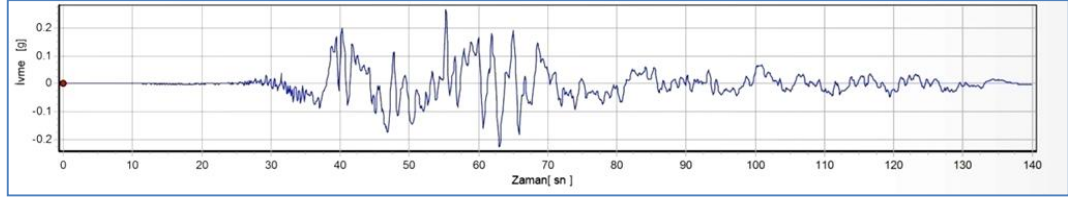
Kocaeli, Türkiye 1999/08/17 Magnitüd: M ( 7.4 ) Ml ( ) Ms ( 7.8 )	İstasyon: Yarımcı Veri Kaynağı: <u>KOERI</u>
Uzaklık (km): Fay kırığına en yakın ( 2.6 ) Kopmanın en yakın yüzeysel izdüşümü ( 2.6 )	Bölge durumu: USGS <sup>1)</sup> ( C )
1) USGS = Birleşik Devletler Jeolojik Ölçüm Kurumu	

Depremi yine Pasifik Mühendislik tarafından işlenmiş bulunan %0.5-20 sönümlenme aralığındaki HP=Yüksek geçiş, LP= Düşük geçiş filtreleri ile ölçülen PGA = En büyük yer ivmesi, PGV = En büyük yer hızı ve PGD = En büyük yer deplasmanı değerleri Çizelge 5.6'da izlenebilir.

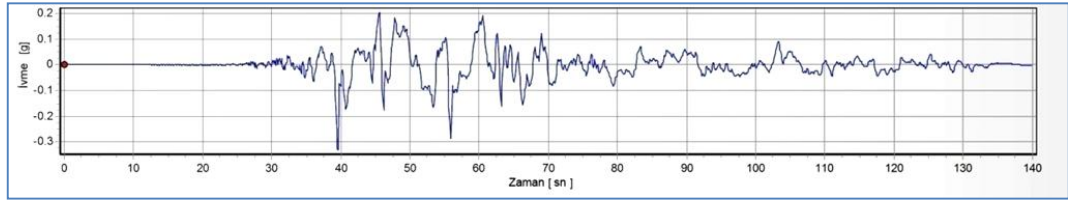
Çizelge 5.6 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi en fazla yer ivmesi, yer hızı ve yer deplasmanı değerleri (URL-21, 2011)

Kayıt/Bileşen	HP (Hz)	LP (Hz)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
KOCAELİ/YPT-UP	null	null	0.242	30.8	29.55
KOCAELİ/YPT060	0.07	50.0	0.268	65.7	57.01
KOCAELİ/YPT330	0.07	50.0	0.349	62.1	50.97

Kocaeli deprem kayıtlarının SeismoSignal programına aktarılmasıyla elde edilen ve en yüksek yer ivme, hız ve yer değiştirmelere karşılık gelen ivme zaman grafikleri ise Şekil 5.23 ve 5.24'te görülmektedir.



Şekil 5.23 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi YPT 060.AT2 sinyal ölümlerine göre SeismoSignal programı ile elde edilen ivme-zaman grafiği



Şekil 5.24 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi YPT330.AT2 sinyal ölümlerine göre SeismoSignal programı ile elde edilen ivme-zaman grafiği

### 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Kayıtları

Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi'nin NGA Veritabanına göre  $40.774^{\circ}$  enlem,  $31.187^{\circ}$  boylamda, derinliği: 10 km, fay kırığı uzunluğu: 46.8 km, genişliği: 20.3 km, ortalama fay yer değiştirmesi: 169.4 cm olan 12 Kasım 1999 Düzce Depremi kayıtları ve istasyon verileri Çizelge 5.7' de (URL-23, 2011) izlenebilir.



- 12 Kasım 1999 Düzce depremi merkezi
- Deprem istasyonu: ERD 99999 Düzce

Resim 5.2 12 Kasım 1999 Düzce Depremi ve deprem kayıt istasyonu (URL-24, 2011)

Çizelge 5.7 12 Kasım 1999 Düzce Depremi, deprem ve istasyon detayları (URL-23, 2011)

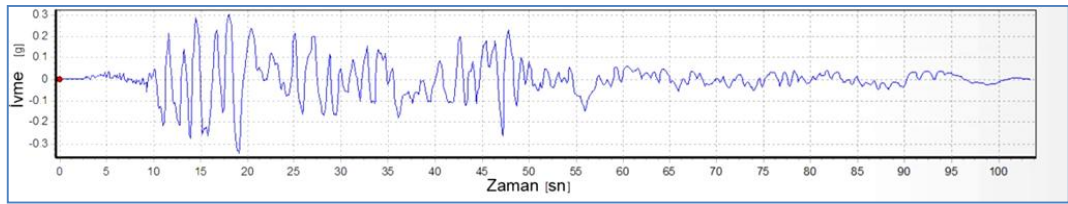
Düzce, Türkiye 1999/11/12 Magnitüd: M (7.1) MI (7.2) Ms ( 7.3 )	İstasyon: Düzce Veri Kaynağı: <u>ERD</u>
Uzaklık (km): Fay kırığına en yakın ( 8.2 ) Kopmanın en yakın yüzeysel izdüşümü ( 8.2 )	Bölge durumu: USGS <sup>1)</sup> ( C )
1) USGS = Amerikan jeolojik ölçüm kurumu	

Depremi yine Pasifik Mühendislik tarafından işlenmiş bulunan %0.5-20 sönümlenme aralığındaki HP=Yüksek geçiş, LP= Düşük geçiş filtreleri ile ölçülen PGA = En büyük yer ivmesi, PGV = En büyük yer hızı ve PGD = En büyük yer deplasmanı değerleri Çizelge 5.8' de izlenebilir.

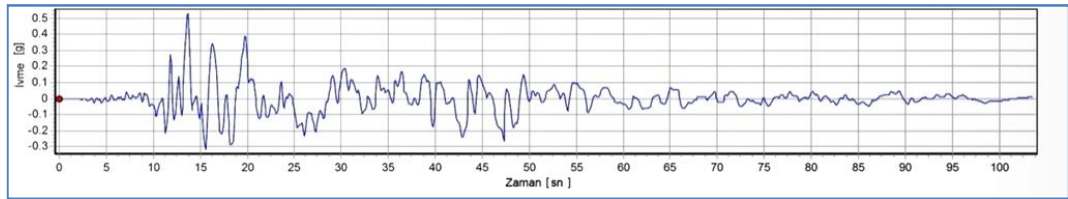
Çizelge 5.8 12 Kasım 1999 Düzce Depremi en fazla yer ivmesi, yer hızı ve yer deplasmanı değerleri (URL-23, 2011)

Kayıt/Bileşen	HP (Hz)	LP (Hz)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
DÜZCE/DZC-UP	0.06	50.0	0.357	22.6	19.4
DÜZCE/DZC180	0.06	50.0	0.348	60.0	42.09
DÜZCE/DZC270	0.08	50.0	0.535	83.5	51.59

Düzce depremi kayıtlarının SeismoSignal programına aktarılmasıyla elde edilen ve en yüksek yer ivme, hız ve yer deplasmanlarına karşılık gelen ivme zaman grafikleri ise Şekil 5.25 ve 5.26' da görülmektedir.

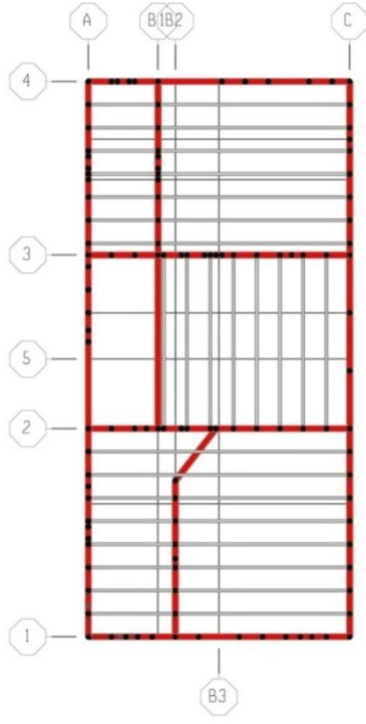


Şekil 5.25 Kasım 1999 Düzce Depremi DZC180.AT2 sinyal ölçümlerine göre SeismoSignal programı ile elde edilen ivme-zaman grafiği

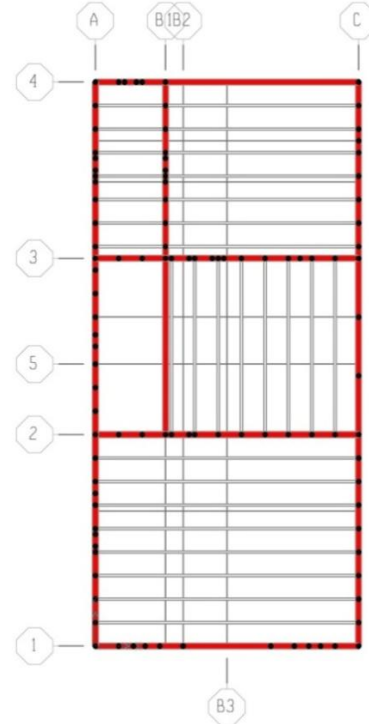


Şekil 5.26 Kasım 1999 Düzce Depremi DZC180.AT2 sinyal ölçümlerine göre SeismoSignal programı ile elde edilen ivme-zaman grafiği

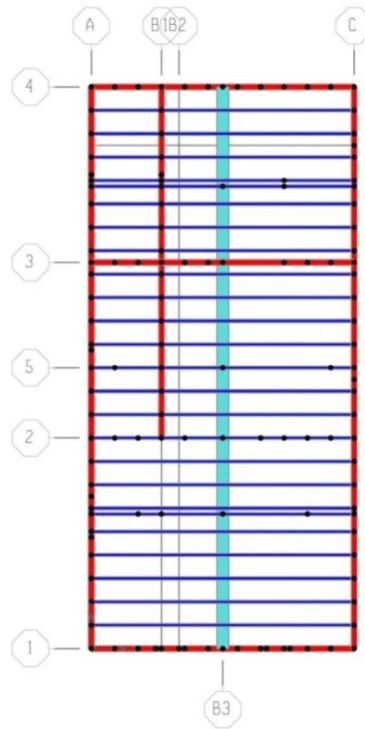
SAP2000 programında yapının xy düzlemi ve z aksı doğrultusundaki modellemesi Şekil 5.27, Şekil 5.28, Şekil 5.29' da izlenebilir.



Şekil 5.27 xy düzlemi, z=+3.2 kotu plânı

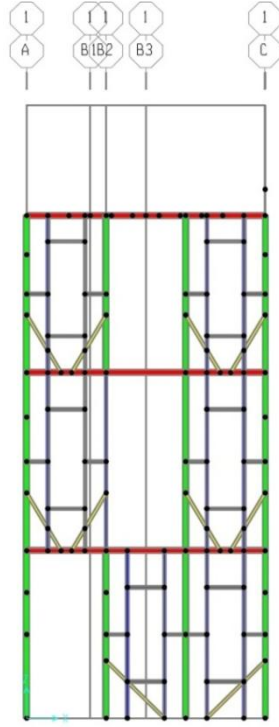


Şekil 5.28 xy düzlemi, z=+6.6 kotu

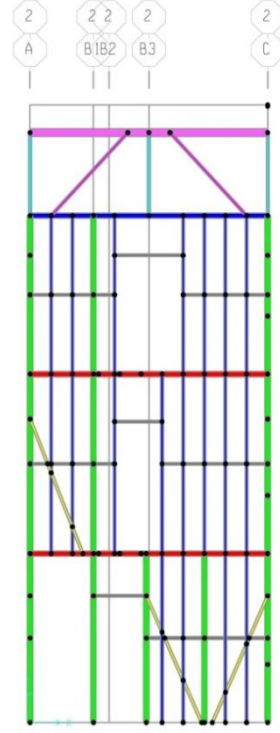


Şekil 5.29 xy düzlemi, z=+9.6 kotu plânı

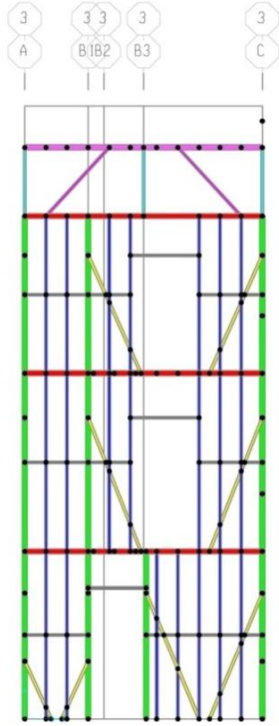
Yapının xz düzlemi ve y aksı doğrultusundaki modellemesi Şekil 5.30, Şekil 5.31, Şekil 5.32 ve Şekil 5.33' te izlenebilir.



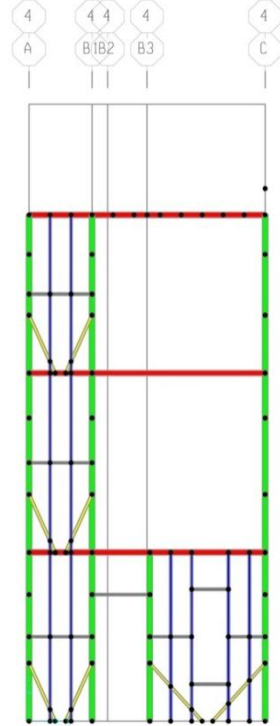
Şekil 5.30 xz düzlemi, y=0, 1 aksı



Şekil 5.31 xz düzlemi, y=3.6, 2 aksı

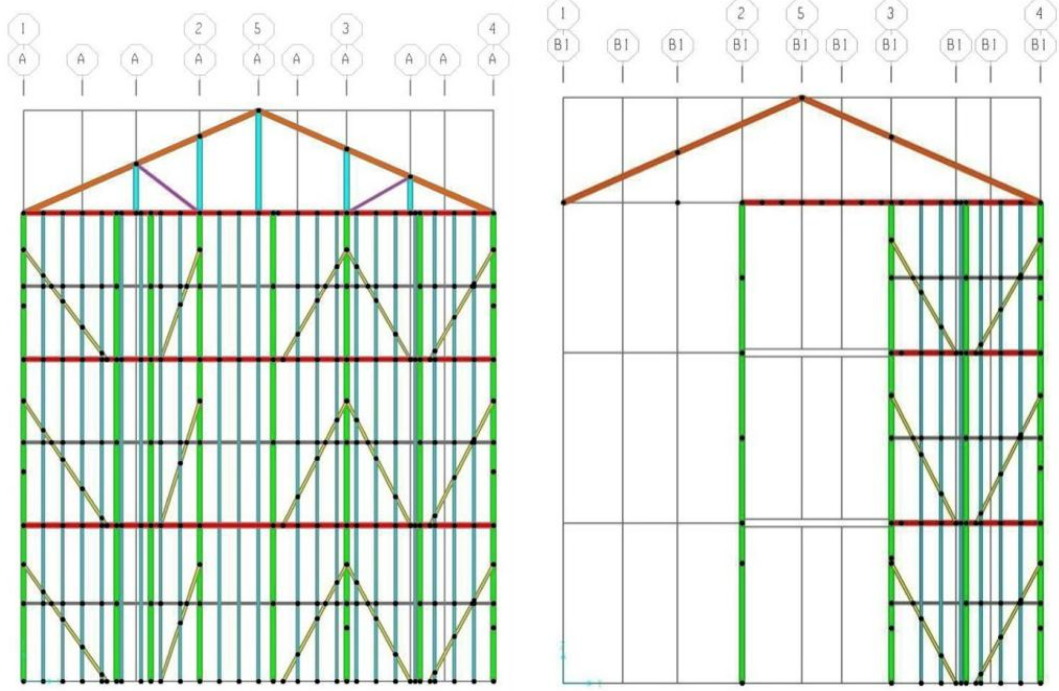


Şekil 5.32 xz düzlemi, y=6.6, 3 aksı



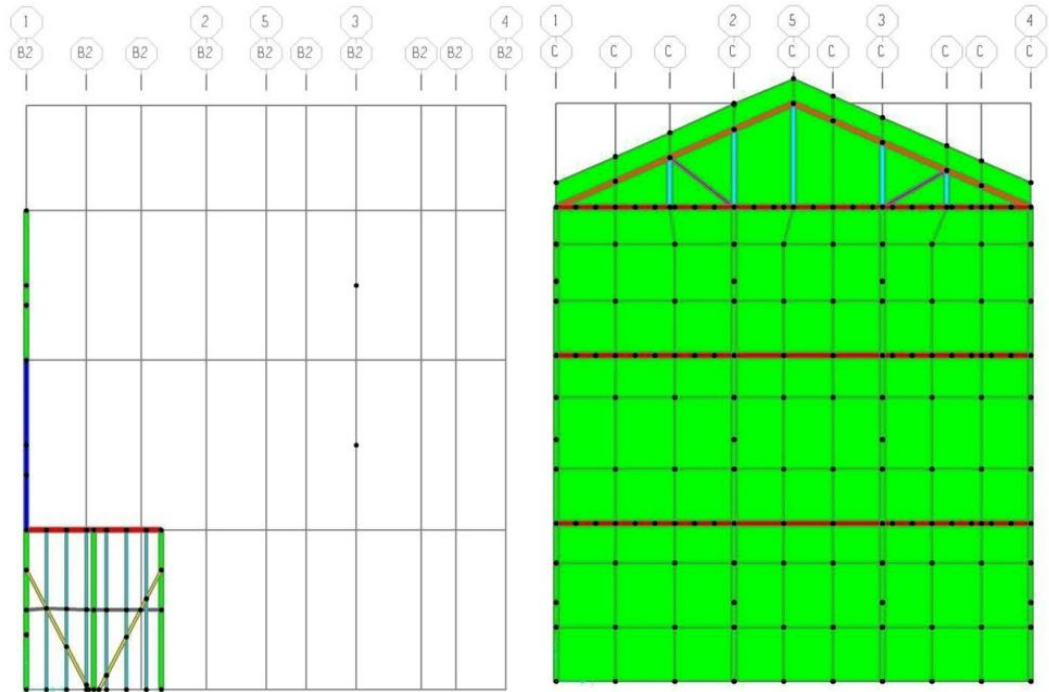
Şekil 5.33 xz düzlemi, y=9.6, 4 aksı

Yapının yz düzlemi ve x aksı doğrultusundaki modellemesi Şekil 5.34, Şekil 5.35, Şekil 5.36 ve Şekil 5.37 de' izlenebilir.



Şekil 5.34 yz düzlemi, x=0, A aksı

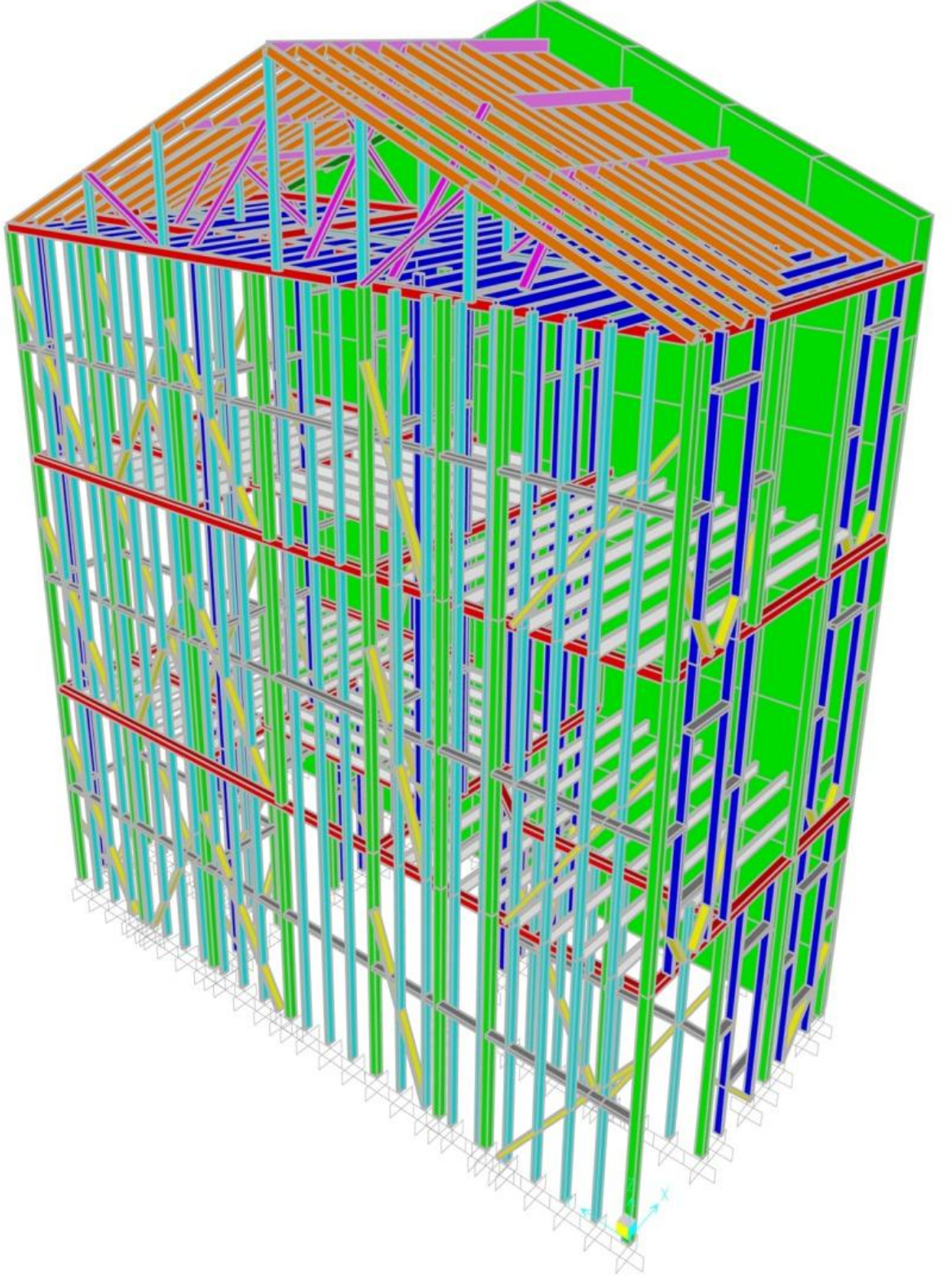
Şekil 5.35 yz düzlemi, x=1.2, B1 aksı



Şekil 5.36. yz düzlemi, x=1.5, B2 aksı

Şekil 5.37 yz düzlemi, x=4.5, C aksı

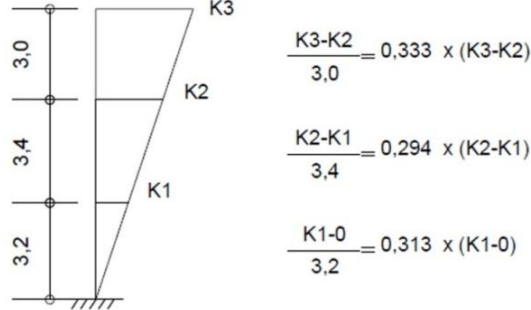
Farklı ağaç cinsleri ile gerçekte olduğu haline uygun olarak yapılan 3 boyutlu modelleme ise Şekil 5.38’de izlenebilir.



Şekil 5.38 Strüktür ve malzeme açısından yeni bir yapının modellemesi (Dışkaya)

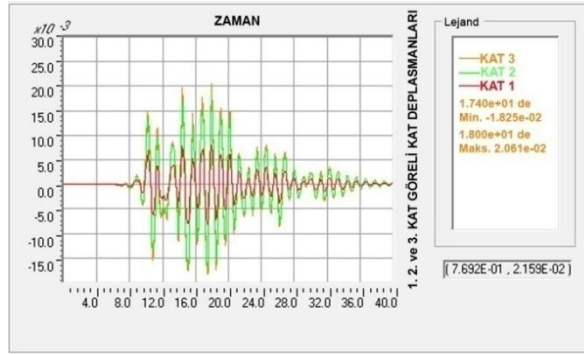
## Analiz Sonuçları

Yapının x ve y doğrultularında, tanımlanan depremler etkisi ile görelî kat deplasmanlarının (ötelemeleri) hesaplanması için programa her katın kendi öteleme katsayısı Şekil 5.39' da ifade edildiği biçimde eklenmiştir.

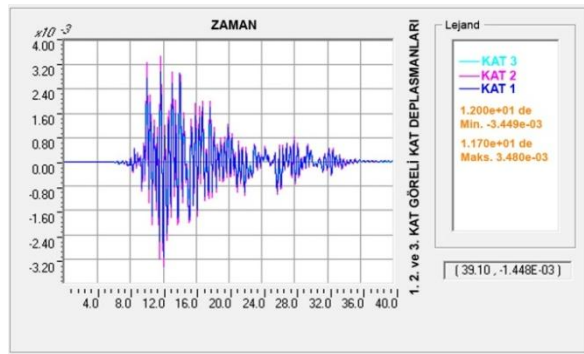


Şekil 5.39 Görelî kat deplasmanı (öteleme) katsayıları

Bu durumda Kocaeli ve Düzce Depremlerine ait zaman ve 1., 2. ve 3. katlardaki görelî deplasmanlar arasındaki ilişkiyi gösteren grafikleri elde edilmiştir. Şekil 5.40' ta 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi'nin yapı üzerinde x eksenî doğrultusunda oluşturduğu görelî kat ötelemeleri, Şekil 5.41' de aynı depremin y eksenî doğrultusundaki görelî kat ötelemeleri izlenebilir.



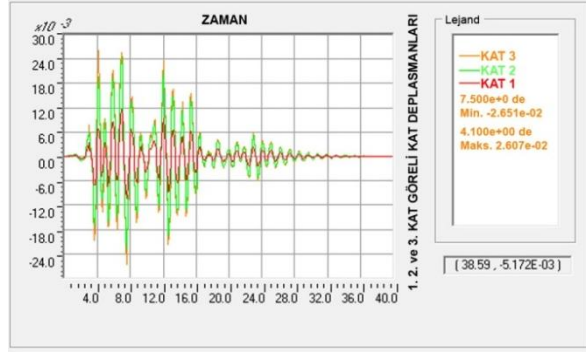
Şekil 5.40 Kocaeli Depremi x yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını gösteren grafik



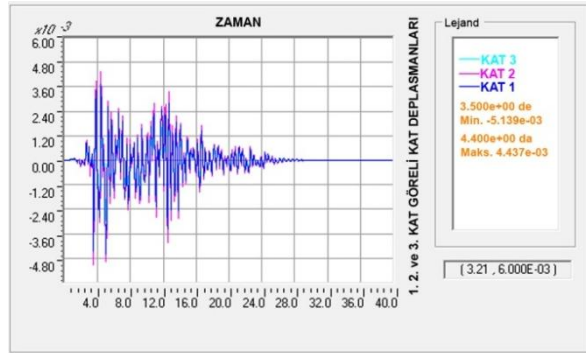
Şekil 5.41 Kocaeli Depremi y yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını gösteren grafik



Şekil 5.42' de ise 12 Kasım 1999 Düzce Depremi'nin yapı üzerinde x doğrultusunda oluşturduğu görelî kat deplasmanları (ötelemeleri), Şekil 5.43' te ise y doğrultusundaki görelî kat deplasmanları izlenebilir.



Şekil 5.42 Düzce Depremi x yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını gösteren grafik



Şekil 5.43 Düzce Depremi y yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını gösteren grafik

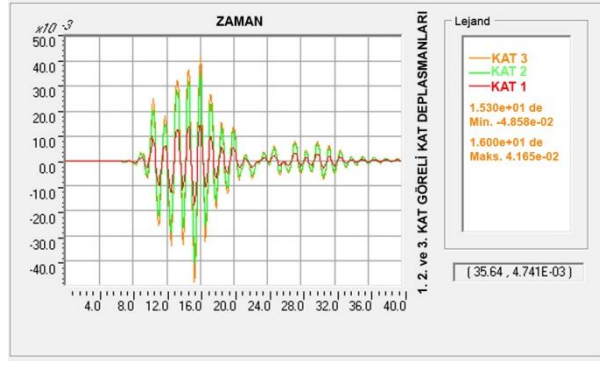
### 5.3.2. Strüktürel Açından Bozulmuş Bir Yapının Analizi

#### 5.3.2.1. Malzemelerdeki Bozulma Etkisinin Analizi

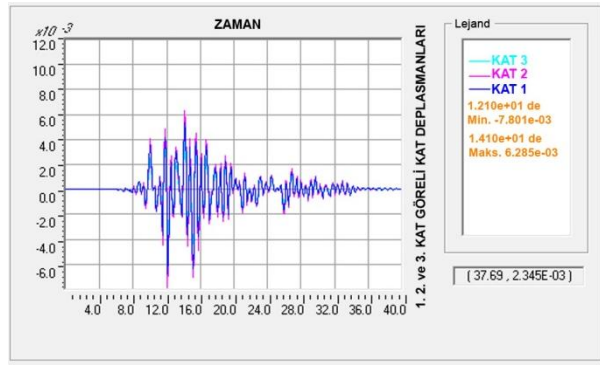
Bu modellemede yaklaşık 110-130 yıl kullanım ömrü bulunan yapı taşıyıcı elemanlarının eksilmiş taşıma güçlerine ait değerler kullanılmıştır.

Bölüm 4'te yapılmış olan mekanik test sonuçları her ağaç türü için birbirinden farklı değerler içerdiği için modellemede bu deneylere bağlı olarak belirli bir azalım değeri kullanılmamıştır. Bu nedenle ağaçların elastisite modüllerinde ve kesit alanlarında belirli küçültme oranları kabullerinin kullanılması yoluna gidilmiştir. Elastisite modülü değerlerinde ortalama %35'lik, kesit kaybı için laboratuvar gözlemlerine bağlı olarak %20'lik ve özgül ağırlık için ise yine %20 oranında bir azalma oranı kullanılmıştır.

Bu azaltılmış değerlerle 1999 Kocaeli ve Düzce Depremleri etkilenen yapıda, Kocaeli Depremi etkisi ile oluşan x ve y yönündeki görelî kat ötelemeleri (deplasmanları) Şekil 5.44 ve 5.45' te izlenebilir.

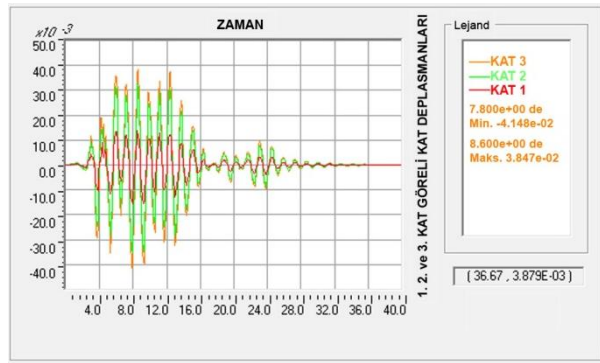


Şekil 5.44 Kocaeli Depremi x yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında bir bina için gösteren grafik

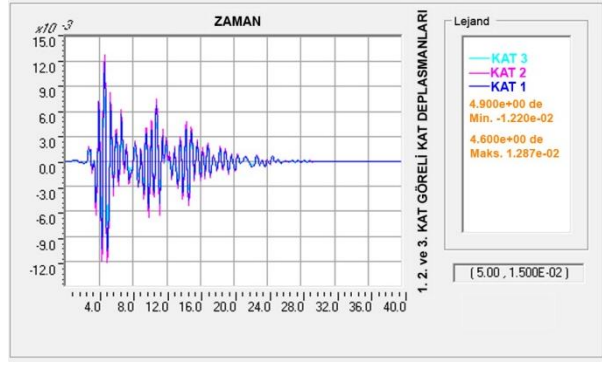


Şekil 5.45 Kocaeli Depremi y yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında bir bina için gösteren grafik

Aynı şekilde 12.11.1999 Düzce Depremi'nin aynı yapı üzerindeki etkisi ile oluşan görel kat ötelemeleri (deplasmanları) x yönü için Şekil 5.46'da, y yönü için Şekil 5.47'de izlenilebilir.



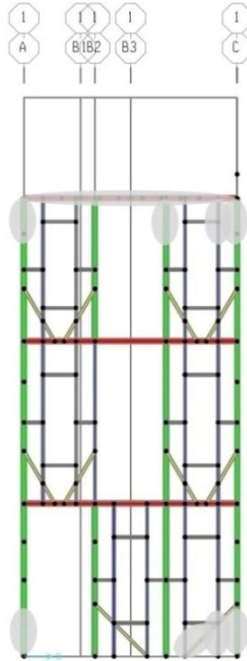
Şekil 5.46 Düzce Depremi x yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında bir bina için gösteren grafik



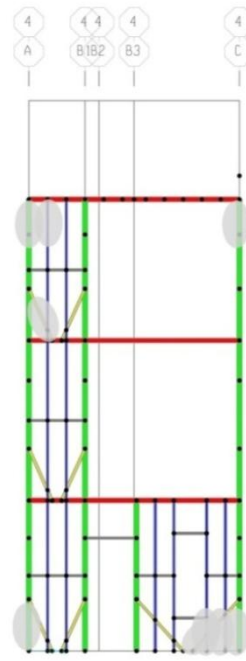
Şekil 5.47 Düzce Depremi y yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında bir bina için gösteren grafik

### 5.3.2.2. Düğüm Noktalarındaki Bozulma Etkisinin Analizi

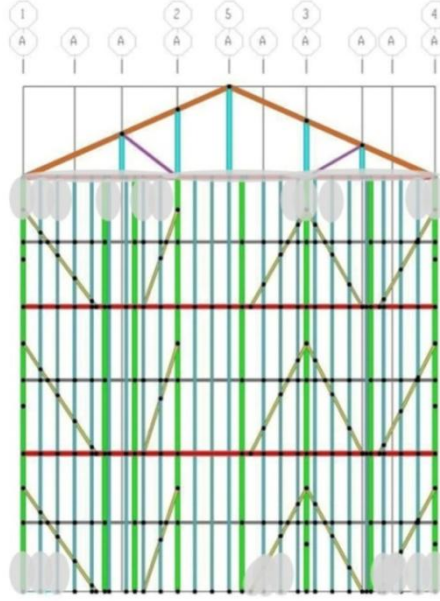
Sonuncu modelleme, ikinci modellemede yaklaşık 110-130 yıl kullanım ömrü bulunan eski yapının düğüm noktalarındaki çürüme ve kopmalara bağlı strüktürel kayıplar göz önüne alınarak yapılmıştır. Bu yaklaşımda, yapının kârgir duvara oturan taban ve dikmelerinde ve saçak altında kalan taşıyıcı elemanlardaki rutubete bağlı çürümelerden kaynaklanan düğüm noktalarındaki kopmalar göz önüne alınmıştır (Bkz. Ek A Resim A.7, Resim A.8 a ve b, Resim A.9, Resim A.13, Resim A.18, Resim A.19). Modellemede çubuk elemanlar programa taşıyıcılık güçlerini tamamen yitirmiş olarak tanımlanmışlardır (Şekil 5.48, Şekil 5.49, Şekil 5.50).



Şekil 5.48 xz düzlemi 1 aksı düğüm noktalarındaki kopmalar

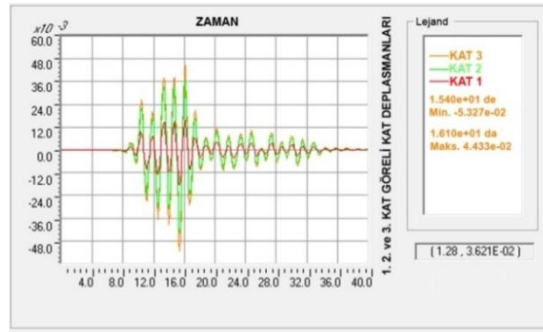


Şekil 5.49 xz düzlemi 4 aksı düğüm noktalarındaki kopmalar

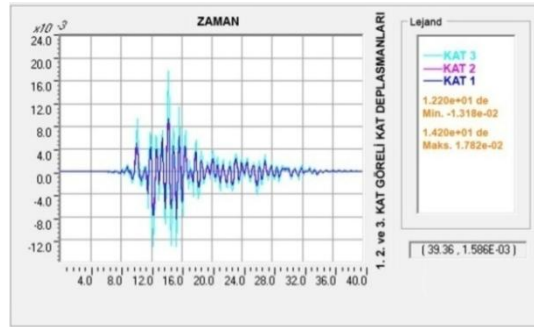


Şekil 5.50 yz düzlemi A aksı düğüm noktalarındaki kopmalar

Bu duruma bağlı olarak programda Kocaeli ve Düzce Depremlerine ait zaman ve 1., 2. ve 3. katlardaki görel kat ötelemeleri (deplasmanlar) arasındaki ilişkiyi gösteren grafikleri elde edilmiştir. Şekil 5.51’de 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi’nin yapı üzerinde x eksenı doğrultusunda oluşturduğu görel kat ötelemeleri, Şekil 5.52’de ise aynı depremin y eksenı doğrultusunda oluşturduğu görel kat ötelemeleri (deplasman) izlenebilir.

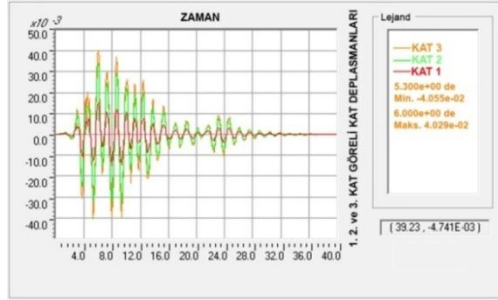


Şekil 5.51 Kocaeli Depremi x yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında düğüm noktaları çürümüş bir bina için gösteren grafik

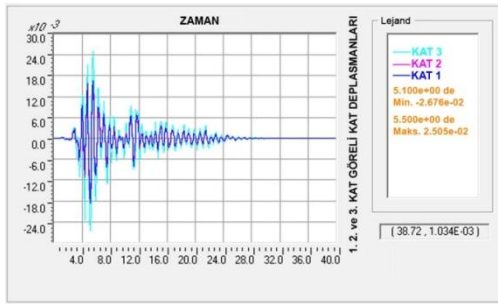


Şekil 5.52 Kocaeli Depremi y yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında düğüm noktaları çürümüş bir bina için gösteren grafik

Aynı şekilde 12 Kasım 1999 Düzce Depremi'nin aynı yapı üzerindeki etkisi ile oluşan görelî kat deplasmanları x yönü için Şekil 5.53' de, y yönü için Şekil 5.54' de izlenilebilir.



Şekil 5.53 Düzce Depremi x yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında düğüm noktaları çürümüş bir bina için gösteren grafik



Şekil 5.54 Düzce Depremi y yönünde zaman ve 1., 2. ve 3. kat deplasmanlarını 110 yaşında düğüm noktaları çürümüş bir bina için gösteren grafik

#### 5.4. Modelleme Kıyaslamaları ve Kesit Tahkikleri

##### 5.4.1. Yapıdaki Görelî Kat Ötelemeleri

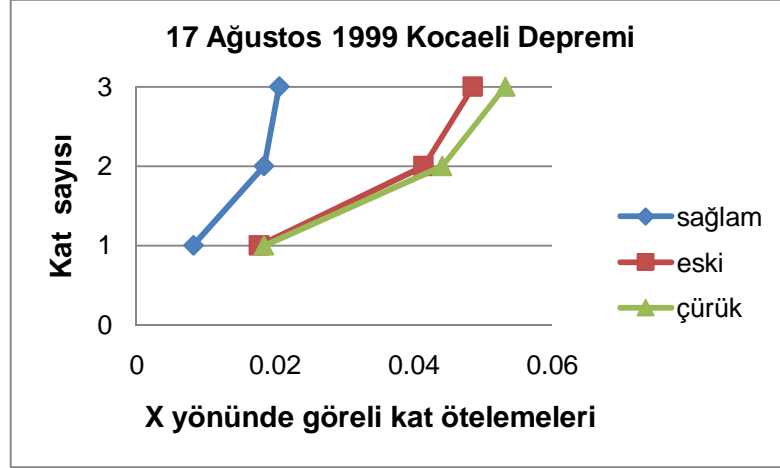
Yapının bağlı bulunduğu sağ tarafında yer alan ve y doğrultusunda uzanan yangın duvarının y yönündeki deprem salınımlarını büyük ölçüde absorbe ederken, x yönündeki deprem etkisini artırmakta olduğu izlenmiştir. Bu nedenle Y yönünde yangın duvarının varlığı nedeni ile yapının güçlü olduğu varsayımı oluşmuş ve yalnızca x yönünde kat ötelemesi değerleri göz önüne alınmıştır. Çizelge 5.9' da 1999 Kocaeli Depremi'nin x yönünde kat ötelemeleri izlenebilir.

Çizelge 5.9 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi x yönünde görelî kat ötelemesi

Kocaeli depremi x yönünde görelî kat ötelemesi			
Kat	Sağlam yapı	Eski yapı	Düğüm noktaları çürük yapı
1	0.00823	0.0177	0.0184
2	0.0184	0.0414	0.0441
3	0.0206	0.0485	0.0532

Çizelge 5.10'da ise modellenmiş bulunan, sağlam, eski ve düğüm noktaları kopmuş olan yapıların 1., 2. ve 3. katlarında Ağustos 1999 Depremi'nin x yönündeki etkisi ile oluşan görelî kat ötelemeleri izlenebilir.

Çizelge 5.10 Modelenmiş sağlam, eski ve düğüm noktaları zayıf yapıların 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depreminde x yönünde yapmış oldukları görelî kat ötelemeleri



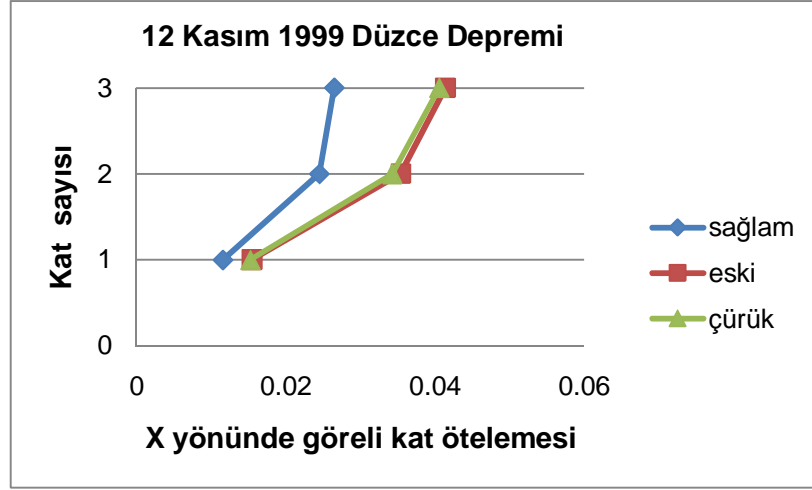
Çizelge 5.11' de ise 12 Kasım 1999 Düzce Depremi'nin sağlam, eski ve düğüm noktaları çürümüş olan yapılarda x yönünde oluşturduğu görelî kat ötelemeleri izlenebilir.

Çizelge 5.11 12 Kasım 1999 Düzce Depremi x yönünde görelî kat ötelemesi

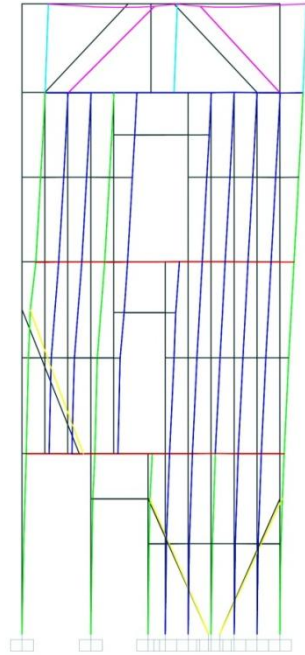
Düzce depremi x yönünde görelî kat ötelemesi			
Kat	Sağlam yapı	Eski yapı	Düğüm noktaları çürük yapı
1	0.0116	0.0155	0.01526
2	0.0245	0.0354	0.03425
3	0.0265	0.0414	0.04055

Aynı depremin bu üç modelde 1., 2. ve 3. katlarda x yönünde oluşturduğu görelî kat ötelemelerine ait grafik ise Çizelge 5.12'de görülmektedir.

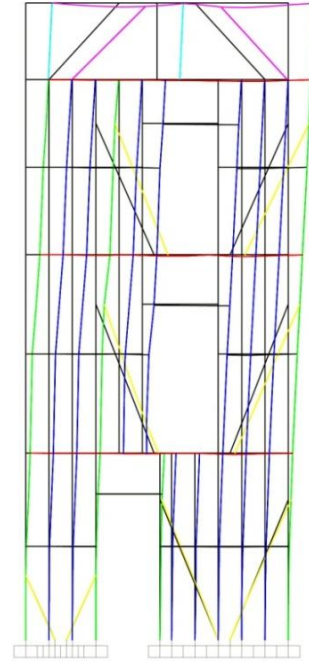
Çizelge 5.12 Modellenmiş sağlam, eski ve düğüm noktaları zayıf yapıların 12 Kasım 1999 Düzce Depreminde x yönünde yapmış oldukları göreceli kat ötelemeleri



Strüktür ve malzeme açısından yeni bir yapıda 12 Kasım 1999 Düzce Depremi etkisi ile xz doğrultusunda 2 ve 3 aksları boyunca oluşan deformasyon Şekil 5.56 ve Şekil 5.57' de görülmektedir.

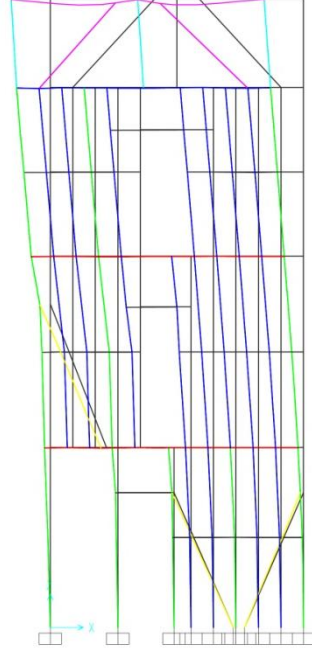


Şekil 5.55 Yeni yapıda Düzce Depremi etkisi ile 2 aksı doğrultusunda oluşan deformasyon

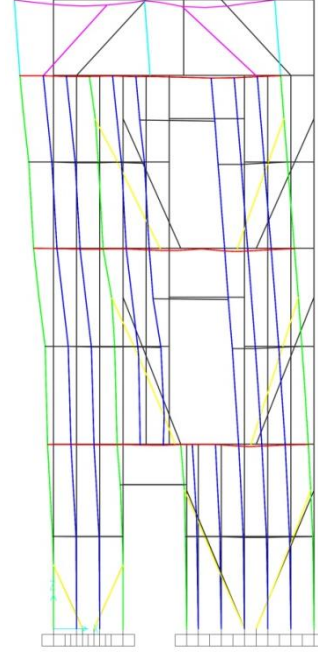


Şekil 5.56 Yeni yapıda Düzce Depremi etkisi ile 3 aksı doğrultusunda oluşan deformasyon

12 Kasım 1999 Düzce Depremi etkisinin malzeme açıdan bozulmuş yaklaşık 110-130 yıl ömrü bulunan bir yapıda 2 ve 3 aksları doğrultusunda oluşturduğu deformasyonlar Şekil 5.58 ve Şekil 5.59'da görülmektedir.

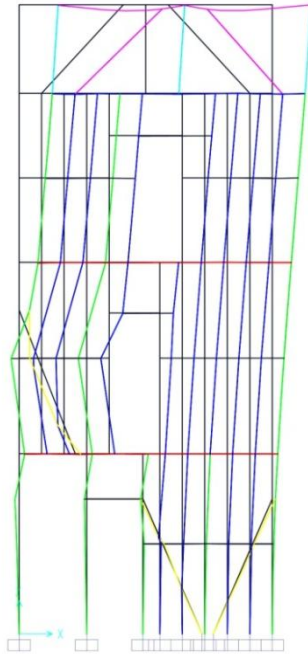


Şekil 5.57 Düzce Depreminin malzeme açısından bozulmuş yapıda 2 aksı doğrultusunda oluşturduğu deformasyon

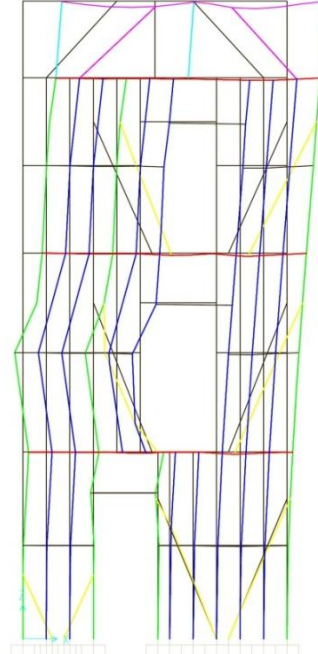


Şekil 5.58 Düzce Depreminin malzeme açısından bozulmuş yapıda 3 aksı doğrultusunda oluşturduğu deformasyon

Üçüncü modellemede kullanılan düğüm noktaları çürümeye bağlı olarak kopmuş olan yapıda Düzce 1999 depreminin 2 ve 3 aksları doğrultusunda oluşturduğu deformasyonlar ise Şekil 5.60 ve Şekil 5.61' de izlenebilir.



Şekil 5.59 Düzce Depreminin düğüm noktaları çürümüş yapıda 2 aksı doğrultusunda oluşturduğu deformasyon



Şekil 5.60 Düzce Depreminin düğüm noktaları çürümüş yapıda 3 aksı doğrultusunda oluşturduğu deformasyon



#### **5.4.2. Kesit Tahkikleri**

Yapılan üç modellemeye ait eksenel kesit gerilmeleri programdan elde edilerek kesitlerin taşıyabileceği kuvvetlerin tahkikleri yapılmıştır. Burada kesit tahkikleri ana dikmeler ve payandalarla sınırlandırılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanları için emniyet gerilmesi değerleri yine İtalyan şartnamesi UNI 11119 (UNI 11119, 2004) Çizelge 5.2' den alınmıştır. Bu değerler, III. Sınıf Meşe ağacı için liflere paralel basınç gerilmesi için 7.5 N/mm<sup>2</sup>, liflere paralel çekme gerilmesi için 7 N/mm<sup>2</sup> olarak seçilmiştir. Sonuçların eldesinde:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.28)$$

formülü kullanılmıştır.

Burada:

$\sigma$ : Emniyet gerilmesi (KN/m<sup>2</sup>)

F: Kesite etkiyen eksenel kuvvet (KN)

A: Kesit alanı (m<sup>2</sup>)' dir.

##### **5.4.2.1. Strüktür ve Malzeme Açısından Yeni Bir Yapının Kesit Tahkikleri**

###### **Dikmeler için kesit tahkiki**

Kesit tahkikinde modellemeyi oluşturan ana dikmelere etkiyen eksenel kuvvetler kullanılarak kesitin alanının etkiyen yükü taşıyıp taşıyamayacağı tahkik edilmiştir. Program verilerinde taşıyıcı sisteme etkiyen ölü ve hareketli yüklere Kocaeli ve Düzce Depremleri ayrı ayrı x ve y yönlerinde eklenerek alınan sonuçlar kullanılmıştır.

Dikme kesitleri 10 cm x 10 cm olduğu için

$F = \sigma \times A$ , (4.28) formülü ile belirlenen eksenel kapasite Basınç için 75 KN, Çekme için 70 KN olarak alınmıştır.

Çizelge 5.13' te strüktür ve malzeme açısından yeni bir yapının ana dikmeleri üzerinde yapılan eksenel yük taşıma kapasitesi tahkiki sonuçları görülmektedir.

**Çizelge 5.13 Sağlam yapı için 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremlerinde ölü + hareketli yük + x ve y yönlerinde deprem etkisi ile dikmelerde oluşan kesit kuvvetlerinin taşıma kapasitesi tahkiki**

Eleman	Eksenel Kapasite $F = \sigma x A$ (KN)		D+L+KX <sup>1)</sup> KN		D+L+KY <sup>2)</sup> KN		D+L+DX <sup>3)</sup> KN		D+L+DY <sup>4)</sup> KN	
	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme
AD1	75	70	64.5	55.5	10.9	1.8	84.0	76.1	12.4	0.05
AD2	75	70	73.2	44.3	16.4	10.2	95.4	60.9	17.1	9.5
AD3	75	70	57.7	50.1	15.1	3.2	76.2	67.6	17.2	7.7
AD4	75	70	76.1	68.5	20.2	9.4	100.8	92.5	25.9	12.3
1) ölü yük + hareketli yük + Kocaeli Depremi X yönü 2) ölü yük + hareketli yük + Kocaeli Depremi Y yönü 3) ölü yük + hareketli yük + Düzce Depremi X yönü 4) ölü yük + hareketli yük + Düzce Depremi Y yönü										

Çizelgede yapıdaki toplam 41 dikmeden 4' ünün taşıma gücünü aşmış olduğu anlaşılabilmektedir. Bu da %9.75 oranına karşılık gelmektedir.

#### Payandalar için kesit tahkiki

Yapının payandalarına etkiyen ölü + hareketli yükler + Kocaeli ve Düzce Depremlerinin x ve y yönündeki etkileri sonucunda oluşan eksenel kuvvetlerin eksenel yük taşıma kapasite tahkiklerinin sonuçları ise Çizelge 5.14'te izlenebilir.

Payanda kesitleri 5 cm x 10 cm olduğu için

$F = \sigma \times A$ , (4.28) formülü ile belirlenen eksenel kapasite Basınç için 37.5 KN, Çekme için 35 KN olarak alınmıştır.

**Çizelge 5. 14 Sağlam yapı için 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremlerinde ölü + hareketli yük + x ve y yönlerinde deprem etkisi ile payandalarda oluşan kesit kuvvetlerinin taşıma kapasitesi tahkiki**

Eleman	Eksenel Kapasite $F = \sigma \times A$ (KN)		D+L+KX <sup>1)</sup> KN		D+L+KY <sup>2)</sup> KN		D+L+DX <sup>3)</sup> KN		D+L+DY <sup>4)</sup> KN	
	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme
Payanda										
P1	37.5	35	72.8	63.2	11.8	7.2	93.8	97.0	14.7	11.2
P2	37.5	35	101.3	98.2	10.8	8.1	126.3	140.3	13.6	11.8
P3	37.5	35	34.8	33.7	3.0	2.4	48.0	42.7	4.1	3.9
P4	37.5	35	92.6	102.5	6.2	4.6	131.2	129.1	7.8	7.4
P5	37.5	35	52.0	46.0	3.3	1.9	66.2	64.4	4.5	3.7
P6	37.5	35	123.8	113.5	6.9	0.7	157.1	165.7	8.5	1.1

P7	37.5	35	84.4	80.2	5.0	-0.6	120.0	102.8	6.2	0.8
P8	37.5	35	90.2	85.5	3.3	3.8	121.1	113.2	4.2	4.5
P9	37.5	35	127.2	117.2	8.6	2.1	160.8	170.6	10.4	4.0
P10	37.5	35	101.0	97.3	7.0	2.1	142.4	123.0	9.2	3.5
P11	37.5	35	152.0	154.7	5.4	5.1	194.7	213.7	7.5	7.3
P12	37.5	35	103.4	95.4	9.0	3.2	140.0	125.3	10.0	4.9
P13	37.5	35	129.4	148.5	1.7	4.2	188.7	191.0	3.1	4.7
P14	37.5	35	60.5	51.6	10.1	7.1	78.2	78.8	13.8	9.2
1) ölü yük + hareketli yük + Kocaeli Depremi X yönü 2) ölü yük + hareketli yük + Kocaeli Depremi Y yönü 3) ölü yük + hareketli yük + Düzce Depremi X yönü 4) ölü yük + hareketli yük + Düzce Depremi Y yönü										

Yapılan tahkik sonucu sistemdeki 52 payandadan 14'ünün taşıma gücünün yetersiz olduğu anlaşılmıştır. Bu da %26.92 oranına karşılık gelmektedir.

#### 5.4.2.2. Strüktürel Açıdan Bozulmuş Bir Yapının Analizi

##### Dikmeler için kesit tahkiki

Deprem ve yapının ölü + hareketli yüklerinin strüktürel açıdan bozulmuş ve yaklaşık 110-130 yıl ömrü bulunan yapı üzerinde yaratmış olduğu aksenal kuvvetlerin tahkikleri için modellemelerde kullanılan ön ölçütler kabul edilmiştir. Buna bağlı olarak kesitlerin %20 azaltılması oranı doğrultusunda emniyet gerilmeleri de %20 azaltılmıştır.

Buna bağlı olarak:

$F = \sigma \times A$ , (4.28) formülü ile belirlenen aksenal kapasite Basınç için 60 KN, Çekme için 56 KN olarak alınmıştır.

Çizelge 5.15'te *strüktürel açıdan bozulmuş bir yapının ana dikmeleri üzerinde* yapılan aksenal yük taşıma kapasitesi tahkik sonuçları görülebilir.

Tablolarda dikme ve payandalar karışıklığa neden olmaması için programdaki numaralardan farklı olarak sıralanmışlardır. Her modellemeye aynı elemanlar için aynı numaralar kullanılmıştır.

Çizelge 5.15 Malzemeleri bozulmuş bulunan eski yapı için 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremlerinde ölü + hareketli yük + x ve y yönlerinde deprem etkisi ile dikmelerde oluşan kesit kuvvetlerinin taşıma kapasitesi tahkiki

Eleman	Eksenel Kapasite $F = \sigma \times A$ (KN)		D+L+KX <sup>1)</sup> KN		D+L+KY <sup>2)</sup> KN		D+L+DX <sup>3)</sup> KN		D+L+DY <sup>4)</sup> KN	
	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme
AD1	60	56	73.9	51.4	9.4	2.0	64.0	47.6	13.4	1.7
AD2	60	56	63.6	49.2	15.0	9.4	61.7	40.8	17.7	7.6
AD3	60	56	71.6	49.3	14.6	4.5	62.1	45.0	23.3	10.9
AD4	60	56	93.2	66.6	21.9	6.5	80.6	61.2	34.3	20.4
AD5	60	56	61.8	32.9	39.5	13.1	53.9	29.9	56.6	40.6
AD6	60	56	38.0	32.1	31.1	24.8	36.2	26.2	61.3	44.9

1) ölü yük + hareketli yük + Kocaeli Depremi X yönü  
2) ölü yük + hareketli yük + Kocaeli Depremi Y yönü  
3) ölü yük + hareketli yük + Düzce Depremi X yönü  
4) ölü yük + hareketli yük + Düzce Depremi Y yönü

Çizelgede yapıdaki toplam 41 dikmeden 6' sının taşıma gücünü aşmış olduğu anlaşılabilmektedir. Bu da %14.63 oranına karşılık gelmektedir.

#### Payandalar için kesit tahkiki

Yapının payandalarına etkiyen ölü + hareketli yükler + Kocaeli ve Düzce Depremlerinin x ve y yönündeki etkileri sonucunda oluşan eksenel kuvvetlerin eksenel yük taşıma kapasitelerinin tahkik sonuçları ise Çizelge 5.16' da izlenebilir.

Payanda kesitlerinin de %20 azaltılması ile emniyet gerilmeleri %20 azaltılmıştır.

$F = \sigma \times A$ , (4.28) formülü ile belirlenen eksenel kapasite Basınç için 30 KN, Çekme için 28 KN olarak alınmıştır.

Çizelge 5.16 Eski yapı için 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremlerinde ölü + hareketli yük + x ve y yönlerinde deprem etkisi ile payandalarda oluşan kesit kuvvetlerinin taşıma kapasitesi tahkiki

Eleman	Kapasite $F = \sigma \times A$ (KN)		D+L+KX <sup>1)</sup> KN		D+L+KY <sup>2)</sup> KN		D+L+DX <sup>3)</sup> KN		D+L+DY <sup>4)</sup> KN	
	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme
Payanda										
P1	30	28	93.9	75.2	13.5	10.9	83.8	72.6	27.4	22.8
P2	30	28	113.6	92.0	9.6	9.1	99.4	90.9	20.2	18.2
P3	30	28	30.1	36	2.7	2.3	29.0	31.1	5.3	5.3
P4	30	28	131.1	112.2	5.1	5.6	110.3	102.6	11.7	10.9

P5	30	28	50.0	57.6	3.2	2.0	45.5	48.6	5.8	5.3
P6	30	28	173.5	135.7	7.2	1.1	152.5	131.0	11.9	5.4
P7	30	28	85.4	98.6	5.0	0.3	82.3	85.9	7.4	2.1
P8	30	28	82.5	99.3	2.5	3.7	77.3	85.1	5.5	5.5
P9	30	28	177.0	139.5	9.1	3.6	155.5	134.3	14.7	10.8
P10	30	28	99.5	117.5	5.9	2.3	102.6	95.4	9.5	5.3
P11	30	28	191.5	159.5	5.0	6.3	165.9	153.0	10.3	12.6
P12	30	28	95	110.6	6.9	2.9	89.6	95.1	9.7	8.1
P13	30	28	189.5	166.5	1.2	4.6	161.6	154.2	3.6	7.4
P14	30	28	81.8	65.0	13.5	9.5	73.7	62.1	23.9	22.7
P15	30	28	62.4	78.9	0.3	4.7	56.9	67.3	0.9	7.0
P16	30	28	33.2	26.1	4.8	2.7	28.2	23.5	8.7	5.0
P17	30	28	26.8	31.0	2.8	3.3	24.3	26.0	6.7	7.1
1) ölü yük + hareketli yük + Kocaeli Depremi X yönü 2) ölü yük + hareketli yük + Kocaeli Depremi Y yönü 3) ölü yük + hareketli yük + Düzce Depremi X yönü 4) ölü yük + hareketli yük + Düzce Depremi Y yönü										

Toplam 52 payandanın 17'sinin kesiti yetersiz bulunmuştur. Bu da %32.6 oranına karşılık gelmektedir.

#### 5.4.2.3. Düğüm Noktaları Çürük Yapının Kesit Tahkikleri

##### Dikmeler için kesit tahkiki

Belirli düğüm noktaları çürümüş olan yapıda ölü + hareketli + Düzce ve Kocaeli Depremlerinin x ve y doğrultusundaki yüklerin toplam etkileri ile dikmelerde oluşan aksenal kuvvetlerdeki kapasite tahkiki sonuçları Çizelge 5.17' de izlenebilir. Bu tahkiklerde de modelleme ölçütleri doğrultusunda kesitlerde %20 kayıp kabul edilerek emniyet gerilmeleri % 20 azaltılmıştır.

Buna bağlı olarak:

$F = \sigma \times A$ , (4.28) formülü ile belirlenen aksenal kapasite Basınç için 60 KN, Çekme için 56 KN olarak alınmıştır.

Çizelge 5.17 Düşüm noktaları çürümüş yapı için 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremlerinde ölü + hareketli yük + x ve y yönlerinde deprem etkisi ile dikmelerde oluşan kesit kuvvetlerinin taşıma kapasitesi tahkiki

Eleman	Kapasite $F = \sigma \times A$ (KN)		D+L+KX <sup>1)</sup> KN		D+L+KY <sup>2)</sup> KN		D+L+DX <sup>3)</sup> KN		D+L+DY <sup>4)</sup> KN	
	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme
AD1	60	56	37.2	26.1	6.1	0.8	30.0	24.7	9.6	4.4
AD2	60	56	68.4	52.4	16.3	10.4	65.1	37.9	18.2	7.3
AD3	60	56	82.1	57.1	26.4	8.5	64.7	52.4	36.6	24.5
AD4	60	56	97.5	68.3	30.2	21.6	76.1	63.4	58.7	39.2
AD5	60	56	66.5	45.6	48.6	29.6	53.8	43.0	77.2	70.8
AD6	60	56	65.0	32.9	47.3	31.8	51.4	28.8	92.3	59.3
AD7	60	56	32.5	30.3	54.0	37.1	30.4	21.4	86.1	88.5
AD8	60	56	36.2	34.1	38.4	22.6	34.5	25.1	57.6	56.1
1) ölü yük + hareketli yük + Kocaeli Depremi X yönü 2) ölü yük + hareketli yük + Kocaeli Depremi Y yönü 3) ölü yük + hareketli yük + Düzce Depremi X yönü 4) ölü yük + hareketli yük + Düzce Depremi Y yönü										

Yapının toplam 41 ana dikmesinin modelleme de etkisiz (taşıma gücü olmayan) kabul edilen 10 adeti ile birlikte 17'sinin kesitçe yetersiz oldukları görülmüştür. Bu da %41 oranına karşılık gelmektedir.

#### Payandalar için kesit tahkiki

Yapının payandalarına etkiyen ölü + hareketli yükler + Kocaeli ve Düzce Depremlerinin x ve y yönündeki etkileri sonucunda oluşan aksel kuvvetlerin aksel yük taşıma kapasitelerinin tahkik sonuçları ise Çizelge 5.18' de izlenebilir.

Payanda kesitlerinin de **%20 azaltılması ile emniyet gerilmeleri de %20 azaltılmıştır.**

$F = \sigma \times A$ , (4.28) formülü ile belirlenen aksel kapasite Basınç için 30 KN, Çekme için 28 KN olarak alınmıştır.

Çizelge 5.18 Düşüm noktaları çürümüş yapı için 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremlerinde ölü + hareketli yük + x ve y yönlerinde deprem etkisi ile payandalarda oluşan kesit kuvvetlerinin taşıma kapasitesi tahkiki

Eleman	Kapasite $F = \sigma \times A$ (KN)		D+L+KX <sup>1)</sup> KN		D+L+KY <sup>2)</sup> KN		D+L+DX <sup>3)</sup> KN		D+L+DY <sup>4)</sup> KN	
	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme
P1	30	28	2.1	1.6	0.3	0.2	1.7	1.6	0.6	0.5
P2	30	28	69.9	59.8	8.2	9.7	58.8	58.8	16.9	19.2

P3	30	28	34.4	41.3	3.7	3.7	32.6	32.5	7.8	7.4
P4	30	28	96.0	80.6	3.7	4.4	73.9	72.4	7.7	8.6
P5	30	28	2.6	3.7	0.0	0.5	2.4	2.9	0.2	0.7
P6	30	28	182.2	146.3	9.3	3.0	149.4	143.4	15.0	9.3
P7	30	28	103.5	91.5	6.1	0.3	89.4	83.4	9.4	3.5
P8	30	28	87.7	105.9	3.7	4.6	82.0	81.4	5.9	8.5
P9	30	28	182.4	147.0	12.4	6.6	149.3	144.9	22.8	16.8
P10	30	28	104.3	121.0	6.9	3.4	101.9	97.0	11.9	8.9
P11	30	28	198.4	167.3	7.8	8.9	156.3	159.7	16.9	17.8
P12	30	28	101.0	117.3	6.6	2.3	95.6	90.7	11.3	7.8
P13	30	28	207.3	176.2	2.1	6.2	157.3	159.1	6.7	10.1
P14	30	28	1.1	0.9	0.2	0.1	1.0	0.9	0.5	0.4
P15	30	28	58.3	75.5	0.1	4.7	52.8	57.6	2.1	6.3
P16	30	28	30.0	25.0	1.7	1.5	23.3	22.8	3.8	3.0
P17	30	28	0.8	0.8	0.4	0.2	0.7	0.6	0.7	0.6
P18_Y <sup>5)</sup>	30	28	3.9	0.1	16.3	14.1	4.6	1.3	34.3	26.6
P19_Y <sup>5)</sup>	30	28	10.0	5.3	19.9	14.1	9.6	5.9	34.3	34.1
P20_Y <sup>5)</sup>	30	28	2.2	0.4	20.2	21.2	2.8	1.6	44.4	36.4
P21_Y <sup>5)</sup>	30	28	13.1	9.7	23.9	18.8	11.3	9.7	39.6	43.8
P22_Y	30	28	0.6	1.4	17.6	24.1	2.0	2.0	39.7	34.1
P23_Y <sup>5)</sup>	30	28	12.9	9.3	25.4	17.1	11.1	8.8	35.0	39.2
1) ölü yük + hareketli yük + Kocaeli Depremi X yönü 2) ölü yük + hareketli yük + Kocaeli Depremi Y yönü 3) ölü yük + hareketli yük + Düzce Depremi X yönü 4) ölü yük + hareketli yük + Düzce Depremi Y yönü										
5) P18-P23 Y yönünde deprem yüküne karşı taşıma gücü yetersiz olan payandalar										

Yapılan tahkikte payandaların taşıma güçlerinde x yönünün yanı sıra y yönünde de yetersizlik başladığı görülmektedir. 52 payandadan başlangıçta bozuk olduğu kabul edilen 5'ile birlikte 23'ünün güçlendirmeye veya yenilenmeye gereksinimi olduğu görülmüştür, bu da % 44.23 oranına karşılık gelmektedir

## 5.5. BÖLÜM SONUCU

Bu bölümde İstanbul'daki geleneksel ahşap stokuna ait bir sıra ev sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmiştir. Modelleme ön çalışmaları için yapının mimari ve statik rölöve ve restitüsyonları yapılmıştır. Modellemede yapı elemanları SAP2000 programına gerçekte oldukları şekilde: ana dikmeler, tabanlar ve payandalar sert ağaç, ara dikme ve kirişler yumuşak ağaç olarak tanımlanmışlardır. Malzemelerin

mekanik ve fiziksel özellikleri de şartnameler ve belirli ön kabuller doğrultusunda yapılmıştır

Modellemede üç ana kıstas kullanılmıştır. Yapı üzerinde deprem etkisinin daha açık bir biçimde izlenebilmesi için programa İstanbul'u yakın zamanda etkilemiş olan 1999 Kocaeli ve Düzce depremleri veri olarak yüklenmiştir. Bu ön tanılara bağlı olarak birinci modellemede yapının yeni olması durumunda, ikincisinde günümüzdeki eskimiş, çürümüş ve taşıyıcılık gücü azalmış durumda, üçüncü modellemede ise neme maruz kalan kısımlarında düğüm noktası kopmalarının deprem davranışına ve eksenel dayanıma etkileri irdelenmiştir. Bu üç modelleme sonucunda oluşan x ve y yönündeki göreceli kat ötelemelerinin grafikleri oluşturulmuş, en fazla kuvvet alan çubuk elemanların taşıma güçlerinin yeterlilikleri araştırılmıştır. İkinci modellemede taşıyıcı sistem elemanlarının elastisite modüllerinde %35'lik, kesit alanlarında ve yoğunluklarında %20'lik bir azaltma oranı kullanılmakla birlikte, çok büyük önem taşıyan kültür varlıkları için bu değerlerin daha gelişkin ölçüm ve değerlendirme yöntem ve tekniklerinin kullanılarak belirlenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bu yapılan üç modelleme lineer statik olarak gerçekleştirilmiştir. Modellemenin gerçeklik değeri ise yapının bire bir kopyasının sarsma tablası (shaking table) üzerinde deprem etkilerle yapı davranışının izlenmesi, bulunan sonuçların sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan nonlineer modelleme ile ilişkilendirilmesi ile artırılabilecektir.

Aynı zamanda bu sonuçların nonlineer modelleme için bir temel oluşturacağı düşüncesi de ahşabın anizotropik yapısının -yanal kuvvetler etkisi ile nasıl bir tepki vereceğinin belirlenmesi- anlaşılması ve gerek eski eserlerin konservasyonu gerek daha karmaşık çağdaş ahşap sistemlerin geliştirilebilmesi açısından yarar sağlayacağı kanısı oluşmuştur.



## 6. SONUÇ

Bu doktora çalışmasında, İstanbul'un 19. yüzyıl yangın duvarlı sıra evlerinden biri örnek olarak seçilerek üretildiği koşullar ile günümüzde içerisinde bulunduğu biyolojik ve fiziksel bakımdan tahrip olmuş koşulları arasındaki deprem davranışı farklılıkları, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak irdelenmek istenmiştir. Bu amaçla yapının bilgisayarda üç farklı koşuldaki modeli oluşturulmuş ve İstanbul'u etkileyen 1999 Adapazarı ve Düzce Depremlerinin ivme kayıtları kullanılarak 'Zaman Tanım Yöntemi' ile doğrusal statik analizi yapılmıştır.

Oluşturulmuş modelleme ölçütleri tezin beşinci bölümünde anlatılmış olduğu üzere:

1. Strüktür ve malzeme açısından yeni bir yapının analizi,
2. Strüktürel açıdan bozulmuş bir yapının analizi, şeklinde iki ana

başlıkta toplanmış; ikinci başlık da:

- I. Malzemelerdeki bozulma etkisinin analizi,
- II. Düğüm noktalarındaki bozulma etkisinin analizi şeklinde ikiye ayrılarak yapıların gerçekte olduğu biçimlerde değerlendirilmesi istenmiştir.

Böylelikle yapısal anlamda taşıma gücündeki azalma ve güçlendirmeye gereksinim oranlarının elde edilmesi için de bir yaklaşım oluşturmak tezin yönlendirici düşüncelerinden birisi olmuştur.

Tarihi yarımada yer alan ve yüz yıldan fazla kullanım ömrü bulunan diğer ahşap tipolojilerindeki yapılarla birlikte sıra evler, yanlış koruma ve kullanım, terk, yerel yönetimlerin bu konuda uzman teknik kadroya sahip olmamaları ve ilgisizlikleri ile birlikte sosyoekonomik koşulların yetersizliği gibi nedenlerle bakımsız kalmışlar, kiminde tahrip, kiminde de yok olmuşlardır. Yetersiz kültür politikaları halkın bu konuda bilinçlenmesini sağlayamamış, geçmiş zamana ait yaşama kültürlerinin bir aynası olan semtler ve yapılar, göçle gelen yoksul insanlar için yerleşim bölgelerine veya iş yerlerine dönüşmüşlerdir. Doğan Kuban (2005), bir makalesinde yer alan:

"Bu suriçi son otuzbeş yılda o zamana kadar sakladığı tarihsel dokusu ve konutlarının yüzde 90'ını yağmaya kurban vermiştir."

sözleri ile İstanbul'daki tarihsel mirasın yok edilme sürecinin ne denli kısa bir zaman içerisinde gerçekleşmiş olduğunu anlatmaktadır.

Türkiye yeryüzünün en önemli deprem kuşağı olan Akdeniz Deprem Kuşağında yer almaktadır. Tezin 2.3.1. bölümünde verilen tarihsel kronoloji ve harita örnekleri Kuzey Anadolu Fay Hattı'nda yer alan İstanbul'da her elli veya yüz senede bir

Richter ölçeğinde büyüklüğü 6 ve 7 olan yıkıcı depremler gerçekleştiğini göstermektedir.

Günümüzde ahşap malzeme üzerinde yapılan araştırmalara göre kimyasal, biyolojik ve fiziksel hasarı bulunmayan eski ahşaplarla (yapıda kullanılmış olsalar dahi) yeni ahşaplar arasında mukavemet ve elastiklik özellikleri bakımından dikkate değer bir fark bulunmadığı anlaşılmaktadır (Feio, 2006). Fakat aynı durum tarihi yarımadanın ahşap konutları için söylenememektedir. Bölgedeki ahşap yapılar bakımsızlık ve terk edilme ile nem, atmosfer koşulları, mantarlaşıma, böceklenme sonucunda oluşan çürüme etkisi ile yapıldıkları zamana oranla büyük ölçüde bozulmuşlar ve güç kaybına uğramışlardır. Bununla birlikte, bütün bu olumsuzluklara karşın günümüze erişmiş olan ahşap yapı stoku İstanbul'un geçirdiği yıkıcı depremlere dayanarak günümüze ulaşmış, ahşap yapılar ne kadar yıpranmış olsalar da, strüktürel anlamda yeterliliklerini kanıtlamışlardır.

*Bu nedenle yapılan tez çalışmasında:*

- Gelecek nesillere kültür mirasımızın aktarılmasında çok önemli bir yer tutan binlerce yıllık ahşap yapı geleneğimizin çok önemli bir deprem kuşağında yer alan bir hat boyunca strüktürel bakımdan değerlendirilebilmeleri,
- Korunmalarına ve güçlendirilmelerine dair doğru yaklaşımlar üretilebilmesi ve
- Çağdaş ahşap yapı üretimi alt yapısı oluşturması isteği, ana düşünce olmuştur.

*Tezin başlangıcında, modelleme çalışmasının yapılabilmesi için gerekli veriler:*

- Geleneksel ahşap konutun oluşumundaki etkenler ve bunun tarihsel süreci (Kentın coğrafyası, iklimi, yangınlar, depremler, nizamname ve fermanlar, nüfus yoğunluğu etkisi, vb.)
- Ahşap konutun kent içerisinde bulunduğu fiziksel konumunun ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi (bağımsız ev, sıra ev, yangın duvarı, mimari ve strüktürel özellikler, vb.),
- Yapıları oluşturan ağaç malzeme türlerinin belirlenmesi (çam, ladin, göknar, kayın, meşe, vb.)
- Malzemelerdeki bozulma nedenlerine bağlı olarak oluşan elastisite (esneklik modülü) ve taşıma gücü kaybının tespiti (laboratuarda standart boyutlandırılmış deneklerle yapılan tahribatlı deneyler),

- İstanbul'u etkileyen önemli depremlere ait ivme verileriyle 'Zaman Tanım Yöntemi' (Time History Analysis) kullanılarak analiz için alt yapı hazırlığı, şeklinde sıralanmıştır.

Yapılan çalışmada bütün bu verilere bağlı olarak elde edilen sonuçlar:

**A.** İstanbul'daki 19. yüzyıl geleneksel ahşap yapılarında plân tipleri, yapı malzemeleri ve cephe düzenleri ne denli farklı olursa olsun, tüm yapı düzenleyici kanunlar (ebniye nizamnameleri, fermanlar) ve uygulamalara karşın bütün yapı tipleri için geçerli başat unsurun 'deprem dayanımı için geliştirilmiş olan strüktürel kurgu' olduğu görülmüştür. Bu kurgunun, Anadolu'da tarih boyunca depreme karşı üretilmiş olan ahşap çatkının gelişim süreci içerisinde ulaşılmış olduğu en başarılı örneklerden biri olduğu söylenebilir (Dışkaya, 2006).

**B.** Yapılan çalışmalarda Türkiye'deki fay hatları, orman alanları ve depreme dayanıklı ahşap strüktür alanları arasındaki fiziksel ve organik bağ fay hatları, orman bölgeleri, ahşap yapı dağılım alanlarını gösteren haritaların çakıştırılması ile netlik kazanmıştır. Bölgesel dağılımlara göre yapısal farklılıkları belirleyen ve ahşap yapıların en fazla bulunduğu bölgelerin deprem olgusundan en çok etkilenen bölgeler olduğu bu yaklaşımla daha açık olarak izlenebilmiştir. Buna bağlı olarak 'fay hatları ve orman yayılım alanlarının, aynı zamanda depreme karşı ahşap yapı inşasıyla uzun yıllarla dayanan bir yapısal laboratuvar geleneği oluşturmuş' olduğu anlaşılabilmektedir.

ICOMOS'un Ekim 1999 Meksika Toplantısı Genel Kurul'unda kabul edilen "Ahşap Tarihi Yapıların Korunması İçin İlkeler" (Bkz. EK C) başlıklı toplantısının 12 numaralı maddesi tarihi orman alanları ile ilgilidir ve kararda:

"Ahşap yapıların korunması ve onarımı için gerekli uygun ağaçların sağlanabilmesi için yedek orman alanları oluşturulması ve mevcut orman ve koruların korunması desteklenmelidir." denilmektedir.

Ebniye nizamnamelerinde ve padişah fermanlarında çoklukla söz edilen bu konunun -ahşap yapılarda kullanılan ağaç malzemenin hangi ormanlardan seçileceği, boyutlandırılması ve depolanması, vb. şeklinde- günümüzün en önemli kültürel koruma kuruluşları tarafından da dile getirilmesi ilgi çekicidir.

Bu bağlamda sürdürülebilir bir malzeme olan ahşabın kaynağı olan ormanların korunması ve ahşap yapı üretimi için kaliteli ağaç yetiştirilmesi konusunda devlet politikaları üretilmesinin gereği açıktır.

C. Türkiye’de geleneksel yapılarda kullanılan ahşap malzemenin taşıma gücü değerlendirmesine dair detaylı bir çalışmaya rastlanılmamış ya da eski yapı malzemelerinin taşıma güçlerine dair tekil birkaç çalışmadan başka bir kaynağa erişilememiş olması ve bu konuda gerekli şartnamelerin bulunmayışı dördüncü bölümdeki çalışmanın yapılma nedenini oluşturmuştur. Ahşap taşıyıcı malzemelerdeki eskilik ve yıpranmanın yapının taşıma gücü üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi için öncelikle bu yapılarda kullanılan ağaç türlerinin belirlenmesi ve daha sonra da laboratuvar koşullarında fiziksel ve mekanik deneylerle modelleme yapılacak olan programa tanıtılacak elastisite modülü ve yoğunluk değerlerinin belirlenmesi gerekli olmuştur. Deneylerin büyük boyutta ahşaplarla yapılabilmesi için gereken koşulların ve cihazların çalışılan laboratuvarlarda bulunmaması nedeni ile ancak TSE standartlarına göre boyutlandırılmış kusursuz küçük örneklerle çalışılabilmiştir.

Deneyler için büyük boyutlu ahşaplar dış kabuklarındaki çürümüş bölgelerden arındırılmakla birlikte, içyapılarındaki böcek kanalları nedeni ile % 100 kusursuz denek olarak tanımlanamamakla birlikte tahrip olmuş ahşapların mekanik ve fiziksel değerlerinin elde edilmesi için doğru bir yaklaşım olarak kabul edilmiştir. ‘Yapılan çalışma, eskilik ve yıpranma boyutunun ağaç ve yapıya göre değişken olduğu göstermekle birlikte yapılan modellemeler için yaklaşık bir azaltım oranı belirlenmesi konusunda aydınlatıcı olmuştur.’

*Deneyler sonucunda:*

- Bir genelleme yapılabilmesi için gerçek boyutta ve çok sayıda örneklerle mekanik deneyler yapılmasına ihtiyaç bulunduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmaların sağlanabilmesinin, daha gerçekçi koruma ve güçlendirme yaklaşımlarını sağlayacağı, eski yapılardaki ahşapların değerlendirilmesi için yapılacak standardizasyon hazırlıkları için alt yapı oluşturacağı önemli bir bulgu olmuştur.

- Ahşabın yerinde (*in situ*) değerlendirilebilmesi için geliştirilen uluslararası şartnamelerin Türkiye’deki ağaç malzemelere uyarlanması gelecek çalışmalarda daha büyük kolaylıklar sağlayabilecektir. Geleneksel ahşap yapılarda kullanılan ahşapların taşıma gücü değerlendirmesi için, İtalyan şartnamesi UNI 11119 (Kültür Mirasları; Ahşap eserler; Taşıyıcı strüktürler – Ahşap elemanların yerinde teşhisi için İtalyan Normu) gibi çalışmaların Türkiye’deki yapısal ahşaplar üzerinde de gerçekleştirilmesi, bu konudaki açığı kapatacak daha doğru mühendislik çalışmalarının ve yapısal değerlendirmelerin alt yapısını oluşturabilecektir.

- Çalışmaların tekil çabalarla kalmayarak yine ülke genelindeki ahşap yapı stokları tükenmeden geliştirilmesi gereğinin ivediliği tezin bulguları içerisinde yer almaktadır.

- Bu bağlamda tahribatsız ölçüm yöntemlerinin ahşap strüktürdeki tahribatın yerinde teşhis edilebilmesi için kullanımını sağlarken bu çalışmalarla büyük boyutta mekanik ölçümler arasında doğru bağıntılar kurulması yönünde çalışmaların artırılmasının gerekliliği de anlaşılmaktadır.

**D.** Türkiye’de ahşap yapıların statik hesabı için tek mevcut şartname emniyet gerilmeleri yöntemi ile hesap yapılan TS 647 ile sınırlı kalmıştır. Bu yöntem (Allowable Stress Design, ASD) yerini taşıma gücü yöntemine (Avrupa’da Ultimate Stress Design, USD; Amerika’da ise Load and Resistance Factor Design, LRFD) bırakmış, buna bağlı olarak Avrupa’da mühendislik tasarımları için Eurocode ve Amerika’da ASCE (American Society of Civil Engineering) standartları kullanılmaya başlanılmıştır.

Türkiye’de taşıma gücü yöntemi yalnızca betonarme ve çelik yapıların çözümü için geçerli olan bir tasarım olgusu olarak kalmıştır. Ahşap malzeme için mukavemet sınıflandırılması ve ahşabın karakteristik değerlerinin belirlenmesine değgin çalışmalar bulunmadığı için ahşap konusunda çağdaş standardizasyon ve hesap yöntemlerinin dışında kalmıştır. Bunun en önemli sebeplerinde birisinin de 1950’lerden sonra betonarme ve çelik yapı sistemlerinin dünyada yaygınlaşmasını sağlayan modernizm akımının Türkiye’deki etkileri ve gösterdiği üstün strüktürel performansa karşın bir malzeme olarak ahşabın hak etmiş olduğu ilgiyi görmeyişi olduğu söylenebilir.

Geleneksel ahşap yapıların günümüz teknolojisi ile değerlendirilerek Eurocode 5 (Ahşap yapıların hesap yöntemleri) ve Eurocode 8 (Depreme dayanıklı yapı tasarımı) gibi uluslararası şartnamelerle uyum sağlayacak biçimde hesaplama yöntemlerine sahip olmasının gerekli olduğu açıktır. Bu şartnameler Türkçeye çevrilirken unutulmaması gereken unsur, ‘Anadolu ve Trakya’da geliştirilmiş olan özgün ahşap yapı sistemleri ve yapı tekniklerinin belirli hesap kolaylıklarını sağlamak üzere terk edilmemesi’ gereğidir. Bu konunun, uluslararası şartnamelerin özgün strüktürel duruma uyarlanmasına dair çalışmalar ile aşılabileceği söylenebilir. Günümüzdeki uluslararası mühendislik yaklaşımlarında ortak bir dil oluşturulabilmesi için bu konudaki çalışmaların da güncellenmesi çağdaş bir yaklaşım olacaktır.

**E.** Tezin sonlu elemanlar yöntemi ile modelleme bölümü olan beşinci bölümünde modellemesi yapılan ahşap sıra ev için deprem şartnamesi değerleri gerektiğinde

2007 Deprem şartnamesinde ahşap yapılarla ilgili bölümün bulunmadığı anlaşılmıştır. 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar” ekinin

1. Bölümü Genel Kapsamlar kısmının 1.1.4 maddesinde:

“Ahşap bina ve bina türü yapılara uygulanacak minimum koşul ve kurallar, ilgili yönetmelik hükümleri yürürlüğe konuluncaya dek, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından saptanacak ve projeleri bu esaslara göre düzenlenecektir.” (DBYBHY, 2007), denilmektedir.

Venedik Tüzüğü'nün 1. Maddesi: “Tarihi anıt kavramı sadece bir mimari eseri içine almaz, bunun yanında belli bir uygarlığın, önemli bir gelişmenin, tarihi bir olayın tanıklığını yapan kentsel ya da kırsal bir yerleşmeyi de kapsar. Bu kavram yalnız büyük sanat eserlerini değil, ayrıca zamanla kültürel anlam kazanmış daha basit eserleri de kapsar.”;

3. Maddesi ise: “Anıtların korunmasında ve onarılmasındaki amaç, onları bir sanat eseri olduğu kadar bir tarihi belge olarak da korumaktır” denilmektedir.(Erder, 1975)

Bu Maddelere Ek Olarak 1999 ICOMOS Geleneksel Mimari Miras Tüzüğü'nün genel ilkelerinde yer alan:

“Geleneksel mimarinin takdir edilmesi ve başarıyla korunması toplumun buna katılımı, desteği, sürekli bakımı ve kullanımına bağlıdır.”

“Hükümetler ve yetkili kuruluşlar bütün toplumların yaşayan geleneklerini sürdürme ve bunları mevcut yasal, yönetsel ve maddi olanaklarla koruyarak gelecek kuşaklara aktarma haklarını tanımalıdır.”

şeklindeki ikinci ve üçüncü maddelerinde halkın ve yönetimlerin, Venedik Tüzüğü'nde tanımlanan kavramlardaki tutumlarının nasıl olması ve yönlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (URL 25, 2011).

Doğal afetlerin sebep olduğu felaketselere engel olunamayacağı gerçeğinin onlara karşı önlem alınamaması anlamına gelmediğinin bir kanıtı olan geleneksel yapı bilgilerinin çağdaş olanaklarla belirli temel yasalara oturtulması gelecek nesillerin ve tarihi değerlerin korunması için en önemli unsurlardan biridir. Geçmiş zamanların yapı geleneği ile denenerek günümüze ulaşan yapı tekniklerinin belirli standartlarla çağdaş yaşama uyarlanması bilginin devamlılığı açısından saygı gösterilmesi gereken bir unsur olduğu söylenebilir.

**F.** Bilgisayarda strüktür ve malzeme açısından yeni, strüktürel açıdan bozulmuş ve bazı düğüm noktaları çürük olarak modellenmiş olan yapının taşıyıcı sistemindeki ana çubuk elemanlar ve payandalarda yapılan aksel kuvvet dayanım tahkikleri sonuçları oran yüzdeleri ile birlikte Çizelge 6.1' de izlenebilir.

Çizelge 6.1 Sağlam, eski ve düğüm noktaları çürümüş yapılarda kesit taşıma gücü yetersiz yapı elemanları oranları

MODELLEMEDE KULLANILAN YAPI TÜRÜ	SAĞLAM YAPI		ESKİ YAPI		DÜĞÜM NOKTALARI ÇÜRÜK YAPI <sup>1)</sup>	
	Dikme	Payanda	Dikme	Payanda	Dikme	Payanda
Taşıma gücü yetersiz eleman oranı	4/41	14/52	6/41	17/52	17/41	23/52
Taşıma gücü yetersiz eleman yüzdesi	%9.75	%26.92	%14.63	%32.69	%41.46	%44.23
1) Çürümüş dikme ve payanda sayıları dâhil						

Bu sonuçlarda sağlam, biyolojik tahribata uğramış ve düğüm noktalarında kopmalar bulunan yapının taşıma gücündeki giderek artan azalma değerleri izlenebilmektedir.

Modelleme yapının çıplak strüktürü ile gerçekleştirilmiş, yanal güçleri (deprem kuvvetleri ve rüzgâr gibi) absorbe eden ve azaltan ahşap cephe kaplamaları, iç duvar bağdadi çitaları ile tavan ve döşeme kaplamalarının etkisi ihmal edilmiştir. EK A' de izlenebilen taşıyıcı sistem kopmalarının yapının yıkılması için yeterli olmadığı bu yapıların büyük şiddetteki depremlere karşı dayanımlarından anlaşılabilir. Bu dayanımın sebepleri arasında cephe kaplama tahtaları ve bağdadi çitalarının çivilerle pek çok noktada taşıyıcı sisteme bağlı olması ve sistemde onların da taşıyıcı eleman olarak çalışmaları ön görülebilir. Bu bakımdan ileride yapılacak olan çalışmalarda bu faktörün de göz önünde bulundurulmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışma, geleneksel ahşap yapılarda strüktürel tahribat ve yıpranmaya bağlı olarak deprem etkisi oranları hakkında bir yaklaşım oluşturmak amacı ile yapılmakla birlikte, aynı zamanda bu konularda güçlendirme gereksinimi olan çubuk elemanların daha net bir biçimde anlaşılabilmesini sağlayacak, teşhis ve iyileştirme çalışmalarını kolaylaştıracak bir yöntem olarak kabul edilebilirliği de söylenebilir.

Modelleme çalışmaları ahşap evin şehir içerisindeki yerleşim biçimlerinden biri olan sıra ev için gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte yöntem diğer ahşap yapı türleri için de kullanılabilir. Bu şekilde ileri çalışmalarda, yapıların kat adetleri, plan tipleri, yapıda kullanılan ahşap türleri ve çıkma özelliklerinin strüktürel dayanım üzerindeki etkileri belirli bir standardizasyona ulaştırılarak koruma güçlendirme ve yeni ahşap yapı üretimi için çeşitli yaklaşımlar elde edilebilir.

Bundan sonraki çalışma aşamalarında geleneksel ahşap yapıların doğrusal olmayan (nonlineer) modellemelerinin büyük boyutta ahşap elemanların mekanik ve fiziksel özellikleri kullanarak, düğüm noktalarındaki bağlayıcı elemanların davranışları da göz önünde tutularak yapılması ve koruma çalışmalarında daha gerçekçi yaklaşımlarda bulunulması öngörülmektedir.



## KAYNAKLAR

### A) Kitap ve Kitap Bölümleri

**Amicis, E.**, 1993. İstanbul (1874), Türk Tarih Kurumu basımevi, Ankara.

**Ana Britannica Ansiklopedisi**, 1989. C.15., s.369.

**Ana Britannica Ansiklopedisi**, 1989. C.12, s.74, 78.

**Barka, A. ve Er, A.**, 2006. Depremi Bekleyen Şehir İstanbul, Epsilon Yayınevi, İstanbul.

**Bozkurt, Y. ve Erdin, N.**, 1997. Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

**Bozkurt, Y. ve Göker, Y.**, 1996. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İ.Ü. Basımevi ve Film Merkez, İstanbul.

**Ceccotti, A., Follesa, M. e Lauriola, M.P.**, 2007. Le Strutture di Legno in Zona Sismica Criteri e Regole per la Progettazione ed il Restauro, C.L.U.T. Editrice, Torino.

**Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş, İstanbul.

**Ceylan, O.**, 2003. Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür Varlıklarında Edilgen Yangın Korunumu, MSGSU, Restorasyon Anabilim Dalı, İstanbul.

**Cezar, M.**, 1963. Osmanlı Devrinde İstanbul Yapılarında, Tahribat Yapan Yangınlar ve Tabii Afetler, Güzel Sanatlar Akademisi Türk San'atı Tarihi Enstitüsü Yayınları:1, Berksoy Matbaası, İstanbul.

**Cezar, M.**, 2002. Osmanlı Başkenti İstanbul, Erol Kerim Aksoy, Kültür, Eğitim, Spor ve Sağlık Vakfı Yayını, İstanbul.

**Çamlıbel, N.**, 1992. İstanbul'daki Tarihi Yapıların Depreme Karşı Dayanıklılığının Arttırılmasına İlişkin Bir Sistem Araştırması, Y.Ü. Mimarlık Fakültesi Yayını, İstanbul.

**Çelik, Z.**, 1998. 19 Yüzyılda Osmanlı Başkenti Değişen İstanbul, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, İstanbul.

**Denel, S.**, 1982. Batılılaşma Sürecinde İstanbul'da Tasarım ve Dış Mekânlarda Değişim ve Nedenleri, ODTÜ, Ankara.

**Department of Earthquake Engineering**, 2003. Earthquake Risk Assesment for the Istanbul Metropolitan Area, Boğaziçi University Press, İstanbul.

- Dowrick, D. J.**, 1987. Earthquake Resistant Design For Engineers and Architects, Great Britain, John Wiley & Sons-Interscience Publication.
- Duman, N. ve Ökten, S.**, 1988. Ahşap Yapı Dersleri I, YEM Yayın, İstanbul.
- Eldem, S. H.**, 1968. Türk Evi Plân Tipleri
- Eldem, S. H.**, 1984. Türk Evi Osmanlı Dönemi, Turkish House Ottoman Period I, Güzel Sanatlar Matbaası, İstanbul.
- Eldem, S. H.**, 1987. Türk Evi Osmanlı Dönemi-Turkish Houses Ottoman Period III, T.A.Ç. Vakfı Yayını, İstanbul.
- Eldem, S. H.**, Yapı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Ercan, A.**, 2001. Marmara'da Deprem, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yayını, İstanbul.
- Erder, C.**, 1975. Tarihi Çevre Kaygısı, ODTÜ Mimarlık Fakültesi, Yayın No: 24, Ankara.
- Ergin, O. N.**, 1938. İstanbul'da İmar ve İskân Hareketleri, İstanbul Eminönü Halkevi Dil, Tarih ve Edebiyat Şubesi Neşriyatı VIII, Konferanslar Serisi IV, Burhaneddin Matbaası, İstanbul.
- Eriç, M.**, 1994. Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Eyice, S.**, 2006. Eski İstanbul'dan Notlar, Küre Yayınları, İstanbul.
- Giordano, G., Ceccotti A. e Uzielli, L.**, 2008. Tecnica delle Costruzioni in Legno, Hoepli, Milano.
- Günay, R.**, 2002. Geleneksel Ahşap Yapılar Sorunları ve Çözüm Yolları, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Güngör, İ. H.**, 1969. Ahşap Yapı Bilgisi, İstanbul.
- Hafizoğlu, H.**, 2001. Ahşap Kültürü Anadolu'nun Ahşap Evleri, "Ahşap Malzemenin Kimyasal Malzemelerle Korunma Teknikleri", Ankara.
- Kermani, A. and Porteous, J.**, 2007. Structural Timber Design to Eurocode5, Blackwell Publishing Ltd, Oxford.
- Kuban, D.**, 2004. İstanbul Bir Kent Tarihi, Bizantion, Konstantinopolis, İstanbul, Tarih Vakfı Yurt Yayınları 98, İstanbul.
- Örs, Y., Keskin, H.**, 2001. Ağaç Malzeme Bilgisi, Atlas Yayınevi, İstanbul.
- Özmen, G., Orakdöğen, E. ve Darılmaz, K.**, 2004. Örneklerle SAP 2000 – V8, Birsen Yayınevi, İstanbul.

- Refik, A.**, 1988. Onuncu Asrı Hicride İstanbul Hayatı (1495-1591), Enderun Kitabevi, İstanbul.
- Refik, A.**, 1988. Hicri On İkinci Asırda İstanbul Hayatı (1100-1200) Enderun Kitabevi, İstanbul.
- Rilke, A. G.**, 2009. İstanbul'da Bir Hoş Sada (Avrupa Saraylarından Yıldız'a), İş Bankası Yayınları, İstanbul.
- Rowell, R. M.**, 2005. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, and Biological Systems Engineering Department, Bl. 4, University of Wisconsin, Madison, WI.
- Sakaoğlu, N.**, 2007. 20. Yüzyıl Başında Osmanlı Coğrafyası (1907-1908), İstanbul, Denizbank Finansal Hizmetler Grubu Deniz Kültür Yayınları No:21, İstanbul.
- Sancaklı, N.**, 2004. Marmara Bölgesi Depremleri (M.Ö. 427- M.S. 1912), Kastaş Yayınevi, İstanbul.
- Talât, A., H.**, 1341-M.1923. Ahşap İnşaat, Mühendis Mektebi Kütüphanesi, İstanbul.
- Tampone, G., Mannucci, M. e Macchioni, N.**, 2002. Strutture di Legno, Cultura, Conservazione, Restauro, de lettera editore, Milano.
- Taymaz, T.**, 1999. Cogito Deprem Özel Sayısı, Deprem ve Bilim "Deprem", sayı: 20, İstanbul, .
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü**, 2010. Orman Varlığımız, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara
- TDK**, 1998. BSTS / Biyoloji Terimleri Sözlüğü
- Türker, S.; Sezen, F.**, 1990. "Ahşap", Yapı Malzemeleri, İstanbul.
- Uzielli, L., Bonamini G., Noferi, M, Togni, M. e Uzielli, L.**, 2003. Il Manuale Delle Strutture di Legno, V.II, Ispezioni e Diagnosi in Opera, Mancosu Editore, Roma.
- Uzielli, L., Bonamini G., Noferi, M, Togni, M. e Uzielli, L.**, 2006. Il Manuale Delle Strutture di Legno, V.I, Ispezioni e Diagnosi in Opera, Mancosu Editore, Roma.
- USDA (United States Department of Agriculture)**, 1999. Wood Handbook, Wood as an Engineering Material, Forest Products Laboratory, Forest Service, Madison, Wisconsin.

- Üşümezsoy, Ş. ve Pınar, A.**, 2001. Marmara'da Deprem Riski, "Cisim Dalgaları ve Faylanma Mekanizması", İstanbul, İnkılap Kitabevi.
- Ünay, A. İ.**, 2002. Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayını, Ankara.
- Ürekli, F.**, 2000. İstanbul'da 1894 Depremi, İletişim Yayınları, İstanbul.
- Yaltırık, F. ve Efe, A.**, 1994. Dendroloji Ders Kitabı GYMNOSPERMAE – ANGIOSPERMAE (Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğrencileri İçin), İ.Ü. Yayını, İstanbul.
- Zevi, L. ve Tabasso, M. L.**, 2001. Il Manuale del Restauro Architettonico, C7 Materiali Legno, Mancosu Editore, Roma.

## **B) Tezler**

- Berker, M.**, 1982. "Ahşap Mimari Anıtlarda Koruma Uygulamaları İle Bir Yöntem Önerisi" Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Çobancaoğlu, T.**, 1998. Türkiye'de Ahşap Ev'in Bölgelere Göre Yapısal Olarak İncelenmesi ve Restorasyonlarında Yöntem Önerileri, M.S.Ü. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Dışkaya, H.**, 2004. Kuzey Marmara Bölgesindeki 19.Yüzyıl Ahşap Yapılarının Depreme Karşı Güçlendirilmesi , MSGSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Eriç, M.**, 1972. Dünün ve Bugünün Ahşap ve Ahşaptan Üretilmiş Malzemesinin Türkiye Şartları İçinde Yapıda Rasyonel Kullanılma İmkânlarının Araştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, yayınlanmamış doktora tezi, İstanbul.
- Feio, A. J. O.** , 2006. Inspection and Diagnosis of Historical Timber Structures: NDT Correlations and Structural Behaviour, Universidade do Minho Escola de Engenharia, doktora tezi, Minho, ([www.civil.uminho.pt/](http://www.civil.uminho.pt/)).
- Yonat, F. R.**, 1986. Gelişim Süreci İçinde 19. Yüzyıl Ahşap İstanbul Evleri ve Günümüz Koşullarına Uyarlanması, M.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

### **Sürekli Dergilerdeki Makaleler**

**Kuban, D.**, 2005. İstanbul Müze-Kent Projesi Üzerine, İstanbul 1600 yıllık bir müzedir..., *Yapı Dergisi*, **288**, 8.

### **E) Akademik Konferanslarda Yayınlanmış Bildiriler**

**Dışkaya, H.**, 2006. Historical Development of Traditional Earthquake Resistant Construction Techniques in Anatolia, SAHC, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference Structural Analysis of Historical Constructions Possibilities of Numerical and Experimental Techniques, , V.1, MacMillan Advanced Research Series, New Delhi, India, 06-08 November, s. 167- 174.

**İnce, G. Ç.**, 2007. Tarihi Yarımada'nın (İstanbul) Yerel Zemin Koşullarının Büyütme Özellikleri İle Jeolojik-Geoteknik Yapısının Karşılaştırılması, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul, s. 167.

### **I) Harita**

#### **Atlas World Climatology Map**

#### **Atlas World Vegetation Map**

**Darkot, B. ve Tuncel, M.**, 1981. Marmara Bölgesi Coğrafyası, İ. Ü. Yayınları No: 2510; Coğrafya Enstitüsü Yayınları No:118, İstanbul.

**Demirtas, R. ve Yılmaz, R.**, 1996. Türkiye'nin sismotektoniği; Sismisitedeki uzun süreli değişim ve güncel sismisiteyi esas alarak deprem tahminine bir yaklaşım. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yayını, Ankara.

**Department of Earthquake Engineering**, 2003. Earthquake Risk Assesment for the Istanbul Metropolitan Area, Boğaziçi University Press, İstanbul.

**Eruzun, C.**, 1990. Process: Architecture, "Turkey: Pilgrimage to cities", ,Process Architecture Publising Co., Ltd.,Tokyo, Japan.

**Dağdelen, İ.**, 2006. Alman Mavileri 1913-1914 I. Dünya Savaşı Öncesi İstanbul Haritaları, C.II, Feuille No:J8/2, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kütüphane ve Müzeler Müdürlüğü, İstanbul,

- Kayra, C.**, 1990. İstanbul Haritaları Ortaçağdan Günümüze, Maps of Istanbul from the Middle Age to the Present Day, 1876 *Sabri Rıza İstanbul ve Boğaziçi haritası*, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, İstanbul.
- Kazmaoğlu, M. ve Tanyeli, U.**, 1973. Anadolu Konut Mimarisinde Bölgesel farklılıklar, *Yapı Dergisi*, **33**, 29-41.
- Pervititch, J.**, Sigorta haritalarında İstanbul: İstanbul in the insurance Maps of Jacques Pervititch, Axa Oyak.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü**, 2006.. Orman Varlığımız, Orman Harita ve Fotogrametri Müdürlüğü- Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

#### **J) Standartlar**

- ASCE**, 1998. Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings—A Prestandard, Virginia.
- DBYBHY**, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik.
- TS 53**, 1981. Odunun Fiziksel Özelliklerini Tayin İçin Numune Alma, Muayene ve Deneysel Metotları
- TS EN 384**, 2006. Yapı Kerestesi – Yoğunluk ve Mekanik Özelliklerinin Karakteristik Değerlerinin Tayini
- TS 498**, 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
- TS 647**, 1979. Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
- TS 2472**, 1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler için Birim Hacim Ağırlığı Tayini
- TS 2474**, 1976. Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini
- TS 2475**, 1976. Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini.
- TS 2476**, 1976. Odunun Liflere Dik Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini
- TS 2477**, 1976. Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini.
- TS 2478**, 1976. Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini
- TS 2479**, 1976. Türk Standartları, Odunun Statik Sertliğinin Tayini
- TS 3459**, 1980. Odunda Liflere Paralel Yönde Makaslama Direncinin Tayini
- TS 7613**, 1989. Odun Yarılma Mukavemetinin Tayini

**UNI 11119**, 2004. UNI 11119, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Beni Culturali, Manufatti lignei, Strutture portanti delgi edifici – Ispezione *in situ* per la diagnosi degli elementi in opera (Kültür Mirasları; Ahşap eserler; Taşıyıcı strüktürler – Ahşap elemanların yerinde teşhisi için İtalyan Normu)

#### **M) Video**

**Arın, S.**,1987. Ağacın Türküsü, Eski Evler Eski Ustalar, Batı Karadeniz, MTV Kültür Belgeselleri Dizisi, İstanbul.

#### **L) İnternet**

**URL-1**, [http://tr.wikipedia.org/wiki/Marmara\\_Bolgesi](http://tr.wikipedia.org/wiki/Marmara_Bolgesi), 2009

**URL-2**, [http://tr.wikipedia.org/wiki/istanbul\\_\(il\)](http://tr.wikipedia.org/wiki/istanbul_(il)), 2009

**URL-3**, <http://istanbul.meteor.gov.tr/marmaraiklimi.htm>, 2009

**URL-4**, <http://www.ekoses.com/ekolojikyasamportali>, 2009

**URL-5**, <http://www.koeri.boun.edu.tr/>, 01.05.2010

**URL-6**, <http://www.deprem.gov.tr/Sarbis/Deprem/DepremNedir.>, 18.02.2010

**URL-7**, <http://www.ce.washington.edu/liquefaction/html/quakes/kobe.html>, 2010

**URL-8**, <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/year/byyear.php>, 2010

**URL-9**, <http://www.itusozluk.com>, 2009

**URL-10**, [http://www.cwc.ca/Publications/PDF/Building\\_Performance\\_Series\\_No.\\_5\\_2010](http://www.cwc.ca/Publications/PDF/Building_Performance_Series_No._5_2010)

**URL-11**, <http://www.fema.gov/kids/north5.htm>-Federal Emergency Management Agency-. , 2010

**URL-12**, <http://www.atcouncil.org>, 2004, ATC (Applied Technology Council) / SEAOC The Structural Engineers Assosiation of California) Joint Venture, Seismic Response of Wood-Frame Construction, Briefing Paper 3, California, 2004

**URL-13**, <http://www.italgein.com/contents/it/d310.html>, 2010

**URL-14**, <http://www.ingsergiogarello.it/caseCQ-RS/proceq/pdf/4-Wood/PILODYN.pdf>, 2010

**URL-15**, <http://www.joostdevree.nl/shtmls/funderingsonderzoeken.shtml>, 2010

- URL-16,** <http://tmstestandmap.com/advantages.html>, 2010
- URL-17,** <http://www.sensorcraft.com/pundit/punditplus.pdf>, 2010
- URL-18,** [http://www.en.wikipedia.org/wiki/Finite\\_element\\_method](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Finite_element_method), 2010
- URL-19,** <http://sehirrehberi.ibb.gov.tr/mapx>, 2010
- URL-20,** <http://peer.berkeley.edu/smcat/>, 03.01.2011
- URL-21,** <http://peer.berkeley.edu/svbin/Detail?id=P1114>, 03.01.2011
- URL-22,** <http://peer.berkeley.edu/nga/data?doi=NGA1176>, 03.01.2011
- URL-23,** <http://peer.berkeley.edu/svbin/Detail?id=P1540>, 03.01.2011
- URL-24,** <http://peer.berkeley.edu/nga/data?doi=NGA1605>, 03.01.2011
- URL-25,** <http://www.icomos.org.tr/dosya.php?k=1>, 20.02.2011



## EK A. Taşıyıcı Sistemde Çürüme ve Böceklenmelere Bağlı Bozulmalar



Resim A.1 Nem ve böceklenmeye bağlı olarak çürümüş bir kârgir duvar pencere hatılı (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.2 Nem ve böceklenmeye bağlı olarak çürümüş bir taş duvar hatılı (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.3 Toprak altında nem etkisi ile kahverengi çürük oluşmuş kiriş parçası (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.4 Çatı kiriş ve aşıklarında nem ve çürümeye bağlı güç kaybı (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.5 Çatı kiriş ve aşıklarında neme bağlı güç kaybı (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.6 Çatı kiriş ve aşıklarında rutubete bağlı kahverengi çürük ve taşıyıcı sistemde güç kaybı (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.7 Kâgir temele oturan taban kirişi ve dikmelerde çürümeye bağlı kopmalar(Fotograf: Dışkaya)



a



b

Resim A.8 a ve b, Taş temele oturan taban kirişi ana dikme ve ara dikmelerde çürümeye bağlı kopmalar (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.9 Yapı iç bağdadi duvarlarında çürümeye bağlı dikme, payanda ve bağdadi çıtalarındaki kopma ve parçalanmalar (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.10 Yapı iç bağdadi duvarlarında çürümeye bağlı ara dikme, payanda ve bağdadi çıtalarındaki kopma ve parçalanmalar (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.11 Duvar içi dikme tabanında rutubete bağlı çürüme (Fotograf: Dışkaya)



a



b

Resim A.12 a, b, Dikme tabanında nem etkisi ile oluşan çürüme ve böceklenme (Foto: Kurultay)



Resim A. 13 Çürümeye bağlı taşıma gücü azamış bir dikme ve kiriş bağlantısı (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.14 Döşeme kirişlerinde rutubet ve böceklenme etkisi ile çürüme ve kesit kaybı (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.15 Döşeme kirişlerinin kârgir duvar birleşimlerinde çürüme etkisi (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.16 Duvar çıkmasına oturan döşeme kirişlerinde rutubete bağlı çürüme etkisi (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.17 Dikme ve payandaları çürümüş ve kopmuş bir yapı (Fotograf: Dışkaya)



Resim A.18 Saçak altı ve taş temel üzerindeki taşıyıcıları çürümüş ve kopmuş bir yapı (Fotograf: Dışkaya)

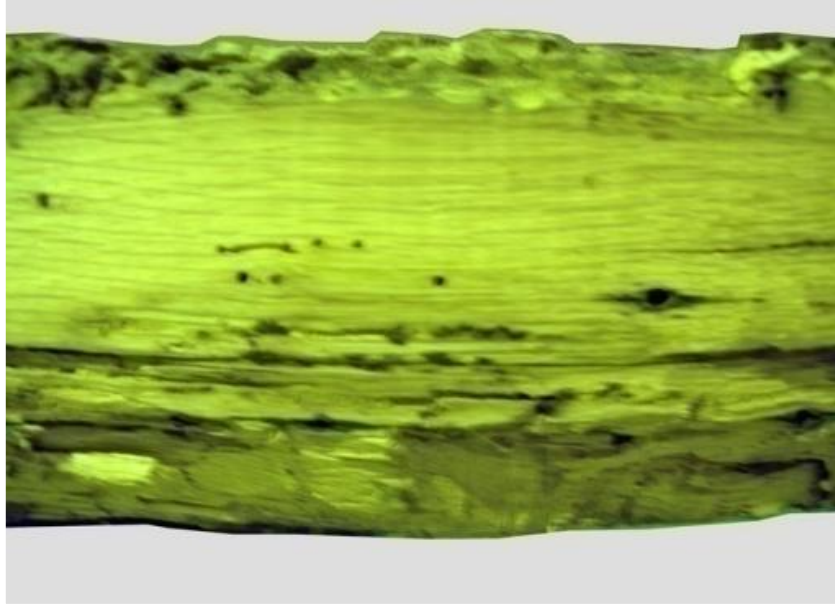


Resim A.19 Saçak altı çürümeye bağlı taşıyıcı sistem eksilmesi detayı (Fotograf: Dışkaya)

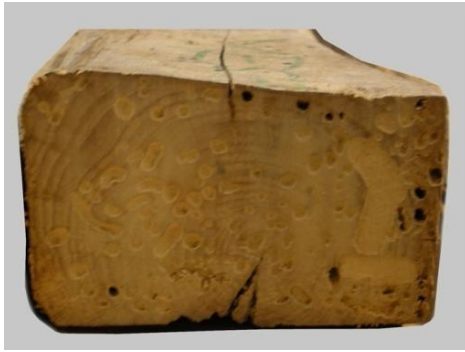
## EK B. Ahşap Taşıyıcı Elemanlarda Böceklenme Örnekleri



Resim B.1 Yaklaşık 110 yıllık döşeme kirişinde böcek galerileri (Fotograf: Dışkaya)



Resim B.2 Yaklaşık 110 yıllık meşe ağacından dikme kabuğunda çürüme ve böcek delikleri (Fotograf: Dışkaya)

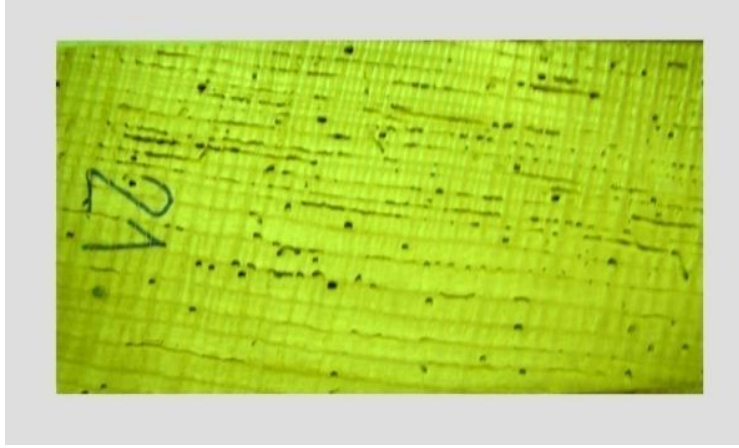


Resim B.3 Yapraklı ağaç taşıyıcı kesitinde larva tünelleri (Fotograf: Dışkaya)



Resim B.4 İğne yapraklı ağaç taşıyıcı kesitinde larva tünelleri (Fotograf: Dışkaya)





Resim B.5 Yaklaşık 140 yıllık dişbudak ağacından çatı dikmesinde böcek uçma delikleri (Fotograf: Dışkaya)



Resim B.6 Larva istilasına uğramış ahşap dikme (Fotograf: Kurultay)



Resim B.7 Anobium Punctatum (mobilya bir böceği) uçma delikleri ve larvaları (Fotograf: Kurultay)



Resim B.8 Nem ve ısı etkisi ile böceklenmiş bir taşıyıcıda larvalar (Fotograf: Kurultay)

## **EK C. ICOMOS Ahşap Tarihi Yapıların Korunması İçin İlkeler 1999**

Ekim 1999'da Meksika'da yapılan ICOMOS 12. Genel Kurulu'nda kabul edilmiştir. Bu belgenin amacı tarihi ahşap yapıların korunması ve onarımı için kültürel önemlerine saygı gösteren temel ve evrensel ilke ve uygulamaları tanımlamaktır. Buradaki tarihi ahşap yapı deyimi kısmen veya tümü ahşaptan yapılmış ve kültürel anlamı olan veya tarihi bir bölgenin parçası olan her tür bina ve yapıyı kapsamaktadır.

Bu tür yapıların korunması amacıyla konulan ilkeler:

- Her dönemden ahşap yapının dünyanın kültürel mirasının bir parçası olarak önemini takdir etmekte,
- Tarihi ahşap yapıların büyük farklılıklar gösterdiğini kabul etmekte,
- Ahşap yapıların yapımı için değişik tür ve nitelikte ağaçların kullanıldığını göz önünde tutmakta,
- Kısmen veya tümü ahşap yapıların nem değişiklikleri, ışık, mantar ve böcek, aşınma, yangın ve diğer felaketler gibi değişik çevresel ve iklimsel koşulların etkisiyle kolayca bozulup, çürüyeceklerini hesaba katmakta,
- Kolay zarar görebilmeleri, kötü kullanım ve geleneksel tasarım ve yapım tekniklerinin unutulması nedeniyle ahşap yapıların gittikçe enderleştiklerini bilerek,
- Bu kültür mirası kaynaklarının yaşatılması ve onarımı için gerekli olan eylem ve işlemlerin çeşitliliğini göz önünde tutmakta,
- Venedik Tüzüğü, Burra Kartası, UNESCO ve ICOMOS'un konuyla ilgili kuramsal metinlerini dikkate alarak ve bu genel ilkeleri tarihi ahşap yapıların yaşatılması ve korunmasına uygulamaya çalışılması gerektiğini benimsemektedir.

Ve aşağıdaki tavsiyeler geliştirilmiştir:

### **İNCELEME, SAPTAMA VE BELGELEME**

1. Venedik Tüzüğü'nün 16. Maddesi ve ICOMOS'un Anıtların, Yapı guruplarının ve Sitlerin Belgelenmesi ile İlgili İlkeleri gereği, herhangi bir müdahaleden önce yapının ve bileşenlerinin durumu ve uygulama sırasında kullanılan malzemeler dikkatle belgelenmelidir. Yapıdan çıkarılan malzemelerle ilgili örnekler de dahil olmak üzere, her tür belge ve geleneksel sanatlar ve tekniklerle ilgili bilgiler toplanmalı, tasnif edilmeli ve gerektiğinde ulaşılabilecek şekilde uygun bir yerde saklanmalıdır. Belgeleme onarım için seçilen malzeme ve yöntemlerle ilgili açıklamaları da içermelidir.

2. Her müdahaleden önce ahşap yapının mevcut durumu, hasarların ve yapısal bozulmanın nedenlerini araştıran ayrıntılı bir çalışma yapılmalı, teşhis güvenilir olmalıdır. Teşhis kesin verilere, fiziksel inceleme ve analize dayandırılmalı, gerekirse hasar vermeyen deney yöntemleri kullanılmalı ve fiziksel ölçümler yapılmalıdır. Bu gerekli küçük müdahaleleri ve acil önlemleri engellememelidir.

## **İZLEME VE BAKIM**

3. Tarihi ahşap yapıların ve kültürel anlamlarının korunması için sürekli izleme ve bakım etkinliğini kapsayan tutarlı bir strateji izlenmesi gereklidir.

## **MÜDAHALELER**

4. Koruma ve yaşatmanın temel amacı kültür varlığının tarihi özgünlüğünü ve bütünlüğünü korumaktır. Her müdahale uygun araştırma ve değerlendirmelere dayandırılmalıdır. Sorunlar mevcut koşul ve gereksinimlere göre, yapının estetik ve tarihi değerlerine, tarihi yapının veya sitin fiziksel bütünlüğüne saygı göstererek çözümlenmelidir.

5. Önerilen müdahaleler tercihen,  
a) Geleneksel yöntemleri izlemeli,  
b) Teknik olarak mümkünse, geri dönüşümlü olmalı veya  
c) Gelecekte yapılacak koruma çalışmalarını engellememeli ve  
d) Yapının bünyesinde barındırdığı izlere ulaşılmasını engellememelidir.

6. İdeal olan, ahşap bir tarihi yapının dokusuna olabildiğince az müdahale edilmesidir. Bazen minimum müdahale ahşap yapıların tümüyle veya kısmen sökülüp tekrar birleştirilmesini gerektirebilir.

7. Müdahalelerde tarihi yapı bir bütün olarak ele alınmalı, taşıyıcı ögeler, dolgu panoları, dış kaplama, çatı, kapı ve pencereler dâhil olmak üzere tüm malzeme eşit ilgi görmelidir. Temel ilke mevcut malzemeyi olabildiğince yerinde tutmaktır. Koruma sıva, boya, kaplama, duvar kâğıdı gibi bitirme ayrıntılarını da kapsamalıdır. Eğer sıva vb. yüzeylerin yenilenmesi gerekirse, olabildiğince özgün malzemelere, yapım tekniklerine ve yüzey dokularına sadık kalınmalıdır.

8. Restorasyonun amacı tarihi yapıyı, onun taşıyıcılığını korumak ve Venedik Tüzüğü'nün 9-13. Maddelerinde belirtildiği gibi, mevcut tarihi verilerin sağladığı sınırlar içinde kalarak yapının özgün tasarımını, tarihi bütünlüğünün okunabilirliğini arttırarak kültürel değerlerini açığa çıkarmaktır. Sökülen ögeler ve tarihi yapının diğer bileşenleri kataloglanmalı ve tipik örnekler belgelemenin bir parçası olarak saklanmalıdır.

## **ONARIM VE YENİLEME**

9. Tarihi bir yapının onarımında yeni ahşap, tarihi ve estetik değerlere saygı çerçevesinde kalınarak ve harap ve çürümüş kısımları değiştirmek, ya da restorasyonun gereklerini karşılamak amacıyla kullanılabilir.

Yeni öge veya parçalar aynı tür ağaçtan ve eğer uygunsa, yenilenecek parçalardakinden daha iyi kalitede ahşaptan yapılmalıdır. Yeni ahşabın nem miktarı ve diğer fiziksel özellikleri mevcut yapıyla uyumlu olmalıdır.

İşçilik ve yapım teknolojisi kullanılan alet ve makineler mümkün olduğunca ilk yapımdakine uymalıdır. Çiviler ve ikincil malzemeler, durum uygunsa, özgünlerin benzeri olmalıdır.

Strüktürel gereksinimler açısından aykırı bir durum yoksa bir ögenin kısmen yenilenmesi gerektiğinde, mevcut ve yeni kısımlar, geleneksel ahşap geçme tekniği kullanılarak bağlanmalıdır.

10. Yeni ögelerin veya parçaların eskilerden ayırt edilebilir olması kabul edilmelidir. Kaldırılan ögelerin doğal bozulma ve deformasyonlarının kopya edilmesi istenmez. Uygun geleneksel veya veya iyi denenmiş çağdaş yöntemler kullanılarak eski ve yeni kısımların renk uyumu sağlanabilir. Bu işlemin ahşap ögenin yüzeyine zarar vermeyecek veya onu bozmayacağından emin olunmalıdır.

11. Daha sonra diğerlerinden ayırt edilebilmeleri için, yeni kısım veya ögelerin üstlerine yakarak, kazıyarak veya başka yöntemlerle işaret konulmalıdır.

## **TARİHİ ORMAN ALANLARI**

12. Ahşap yapıların korunması ve onarımı için gerekli uygun ağaçların sağlanabilmesi için yedek orman alanları oluşturulması ve mevcut orman ve koruların korunması desteklenmelidir.

Tarihi yapı ve sitlerin korunmasından sorumlu kuruluşlar, onarım için uygun ahşapların bulundurulduğu depoların oluşturulmasını desteklemelidir.

## **ÇAĞDAŞ MALZEME VE TEKNOLOJİLER**

13. Epoksi reçineler gibi çağdaş malzemeler ve çelikle strüktürel destekleme gibi yeni müdahale teknikleri, ancak malzemelerin ve yapım tekniklerinin dayanımları ve strüktürel davranışları yeterli bir süre denenerek kanıtlandıktan sonra, çok dikkatle seçilmeli ve kullanılmalıdır. Isıtma, yangın uyarı ve önleme sistemleri gibi tesisat yapının veya sitin tarihi ve estetik önemi gözetilerek yerleştirilmelidir.

14. Kimyasal koruyucuların kullanımı dikkatle denetlenmeli ve izlenmeli, mutlak yara beklendiği, kamu ve çevresel güvenliğin etkilenmediği ve uzun vadede başarı olasılığının önemli olduğu durumlarda kullanılmalıdır.

### **EĞİTİM VE ÖĞRETİM**

15. Tarihi ahşap yapıların kültürel önemine ilişkin değerlerin eğitim programları aracılığıyla canlandırılması sürdürülebilir koruma ve gelişim politikasının temel koşuludur. Tarihi ahşap yapıların korunması onarımı ve bakımı ile ilgili eğitim programlarının oluşturulması ve geliştirilmesi teşvik edilmektedir. Bu tür eğitimler sürdürülebilir üretim ve tüketimin gereksinimleriyle bütünleşen kapsamlı bir stratejiye dayandırılmalı ve yerel, ulusal, bölgesel ve uluslararası düzeylerde programlar içermelidir. Programlar konuyla ilgili tüm meslek ve işkollarına, özellikle mimar, konservatör, mühendis, zanaatkâr ve alan yöneticilerine hitap etmelidir (URL-25, 2011).

## ÖZGEÇMİŞ

1964 İstanbul doğumludur.

1987 yılında YÜ Mühendislik Fakültesi İnşaat bölümünden inşaat mühendisi olarak mezun oldu.

1984–1988 yılları arasında Mimar Cengiz Bektaş'ın ofisinde rölöve ve restorasyon proje ve uygulamaları konusunda çalıştı.

1988–1991 yılları arasında İnşaat Mühendisi Eral Soner'in ofisinde çeşitli mühendislik projelerinde çalıştı.

1992–1995 yılları arasında kendi ofisini kurarak çeşitli mühendislik projeleri ve restorasyon uygulamaları konusunda çalıştı.

1997 yılında MSÜ MYO Mimari Restorasyon Programını birincilikle,

2000 yılında MSÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü' nü ikincilikle bitirdi.

2000 yılında Forbo Krommenie MSÜ Kütüphanesi Döşeme Kaplama Yarışmasında Üçüncülük;

2001 yılında “Direklerarası Kültür Merkezi” diploma projesi ile TAÇ VAKFI başarı ödülleri aldı.

2004 yılında MSGSÜ Mimarlık Fakültesi Restorasyon Anabilim Dalı Yenileme Koruma Bölümü' nde yüksek lisans eğitimini tamamladı.

2005 yılında “Kuzey Marmara Bölgesindeki 19.Yüzyıl Ahşap Yapılarının Depreme Karşı Güçlendirilmesi” başlıklı yüksek lisans tezi ile MİV-Mimarlık Vakfı ve TMMOB İstanbul Büyükşehir Şubesi-Türkiye Mimarlık Araştırmaları-Ödüllü Seçkisi-1, Yapı Bilgisi Bilim Alanı Ödülünü aldı.

Türkiye, İtalya ve Hindistan'da uluslararası bildiri ve konferansları bulunmaktadır. İngiltere, İtalya ve Türkiye'de, geleneksel ahşap yapılar ile ilgili çeşitli konferanslar vermiştir.

Halen 2002 yılında girmiş olduğu MSGSÜ MYO Mimari Restorasyon Programı'nda araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.