

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

RİZE-FIRTINA VADİSİNDE TARİHİ AHŞAP YAPILARIN
RESTORASYONUNDA ÖZNEL DOKULARI KORUMAK AMACIYLA AĞAÇ
MALZEMEDEKİ TAHRİBAT VE KUSURLARIN BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Büşra AYDOĞAN SELÇUK

MAYIS 2024

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**RİZE-FIRTINA VADİSİNDE TARİHİ AHŞAP YAPILARIN
RESTORASYONUNDA ÖZNEL DOKULARI KORUMAK AMACIYLA AĞAÇ
MALZEMEDEKİ TAHRİBAT VE KUSURLARIN BELİRLENMESİ**

Büşra AYDOĞAN SELÇUK

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 / 04 / 2024

Tezin Savunma Tarihi : 17 / 05 / 2024

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Engin Derya GEZER

Trabzon 2024

ÖNSÖZ

“Rize-Fırtına Vadisinde Tarihi Ahşap Yapıların Restorasyonunda Özel Dokuları Korumak Amacıyla Ağaç Malzemedeki Tahribat ve Kusurların Belirlenmesi” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Programında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) koordinasyon birimi tarafından FBA-2019-8102 koduyla desteklenmiş olup, sağladıkları destekten dolayı BAP’a teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen ve bilim insanı olma yolundaki ilk adımlarımı atarken kıymetli bilgileriyle ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan danışman saygıdeğer hocam Doç. Dr. Engin Derya Gezer’e teşekkür ederim. Ayrıca, yapıcı eleştirileri ve önerileri ile tezime katkı sağlayan saygıdeğer hocalarım Sayın Prof. Dr. Ümit Cafer YILDIZ ve Sayın Prof. Dr. Hüseyin KIRCI, Sayın Prof. Dr. Fatih MENGELOĞLU ve Sayın Prof. Dr. Selim ŞEN’e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması sürecinde hiçbir yardımdan kaçınmayan ve laboratuvarlarının imkanlarından faydalanmamı sağlayan KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Esat GÜMÜŞKAYA ve RTEÜ Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Hakkı Türker AKÇAY’a teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmasında yardımlarından dolayı Prof. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR’e, Dr. Öğr. Üyesi Murat ÖZTÜRK’e, Dr. Öğr. Üyesi Gaye Köse DEMİREL’e, Arş. Gör. Dr. Bilge YILMAZ’a, Öğr. Gör. Dr. Süleyman KUŞTAŞ’a, Arş. Gör. Abdullah Uğur BİRİNCİ ve Ezel UÇAR PETEN’e teşekkür ederim.

Son olarak, hayatım boyunca bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, her kararında arkamda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan canım annem, babam ve kardeşime, değerli eşim Doç. Dr. Ozan SELÇUK’a ve canım oğlum Mert Deniz’e teşekkür eder, şükranlarımı sunarım.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Büşra AYDOĞAN SELÇUK

Trabzon 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Rize-Fırtına Vadisinde Tarihi Ahşap Yapıların Restorasyonunda Özel Dokuları Korumak Amacıyla Ağaç Malzemedeki Tahribat ve Kusurların Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Engin Derya GEZER’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 17/05/2024

Büşra AYDOĞAN SELÇUK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XVII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XXI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Odunun Yapısı ve Özellikleri.....	5
1.2.1. Odunun Makro Yapısı ve Özellikleri.....	5
1.2.2. Odunun Mikro Yapısı ve Özellikleri.....	8
1.3. Odunun Kimyasal Yapısı.....	9
1.3.1. Hücre Çeper Tabakalarının Oluşumu.....	10
1.3.2. Odunu Meydana Getiren Organik Bileşikler.....	12
1.4. Odunun Fiziksel Karakteristikleri.....	16
1.4.1. Ağaç Malzemede Meydana Gelen Bozulmalar ve Sebepleri.....	17
1.5. Mantarların Gelişmesi İçin Yaşam İstekleri ve Mantarların Sınıflandırılması.....	20
1.5.1. Odunda Renk Değişikliği Yapan Mantarlar.....	22
1.5.2. Odunda Çürüklük Yapan Mantarlar.....	23
1.6. Oduna Zarar Veren Böcekler.....	26
1.6.1. Anobiidae (Tos vuran böcekler).....	27
1.6.2. Cerambycidae (Teke böcekleri).....	28
1.6.3. Lyctidae (Diri odun böcekleri).....	28
1.6.4. Bostrychidae (Odun delenler).....	28
1.6.5. Platypodidae ve Scolyidae (Öz odun böcekleri ve Kabuk böcekleri).....	29
1.7. Tarihi Ahşap Yapılarda Gerçekleştirilen İncelemeler ve Testler.....	29
1.7.1. Görsel İncelemeler.....	29

1.7.2. Tarihi Ahşap Yapıların Denetlenmesinde Kullanılan Tahribatsız Test Yöntemleri.....	30
1.8. Doğu Karadeniz’de Ahşap Evin Oluşumunu Etkileyen Genel Faktörler.....	39
1.9. Doğu Karadeniz’de Kullanılan Ahşap Yapı Malzemesi	40
1.10. Geleneksel Ahşap Yapı Sistemleri	41
1.10.1. Ahşap Yığma Sistem.....	42
1.10.2. Ahşap Karkas Sistem	42
1.10.3. Karma Yapı Sistemi	43
1.11. Ahşap Evlerin Yapısal Bölümleri.....	44
1.11.1. Temeller	44
1.11.2. Duvarlar	46
1.11.3. Ahşap Karkas Dolgu	47
1.11.4. Döşemeler	47
1.11.5. Çatılar.....	48
1.11.6. Ahşap Kapılar	49
1.11.7. Pencereler.....	49
1.11.8. Merdivenler.....	50
1.12. Rize İli Ahşap Evlerinin Yapısal Oluşumunda Etkili Faktörler.....	50
1.12.1. Topografya	50
1.12.2. İklim ve Bitki Örtüsü	51
1.12.3. Sosyo-Kültürel ve Ekonomik Yapı	53
1.13. Literatür Özeti	53
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	68
2.1. Çalışma Sahalarının Bulunduğu Bölge	68
2.1.1. Rize İli ve Tarihçesi	68
2.2. Çalışma Sahaları.....	69
2.3. Ağaç Malzemenin Üzerinde Yapılan Çalışmaların Planı.....	71
2.3.1. Ağaç Malzemenin Tür Teşhisi	71
2.3.2. Görsel İncelemeler	72
2.3.3. Tahribatsız Test Yöntemleri ile Ağaç Malzemenin İç Kısımlarındaki Tahribatların Belirlenmesi Üzerine Deneysel Analizler.....	73
2.3.4. Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi.....	78
2.3.5. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi	80
2.3.6. Tahribatlı Test Yöntemleri ile Mekanik Direnç Özelliklerin Belirlenmesi	82

2.4. Böcek Teşhisi	84
2.5. Tarihi Ahşap Yapıların Taşıyıcı Sistem ve Yapı Elemanlarına İlişkin Durum Değerlendirme.....	85
2.6. İstatistiksel Analizler	86
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	87
3.1. Ağaç türü ve Anatomik Özelliklere İlişkin Bulgular	87
3.2. Tahribatsız Testlere İlişkin Kalibrasyon Eğrilerinin Hesaplanması.....	92
3.3. Çalışma Sahası I - Çamlıhemşin İlçesi Konaklar Mahallesi'ndeki Tarihi Ahşap Yapıların Mevcut Durum Yapı Elemanlarının Performanslarının Değerlendirilmesi	95
3.3.1. Melikoğlu Konağı	95
3.3.2. Melikoğlu Konağı Baba Evi	110
3.3.3. Biryol Evi.....	121
3.4. Çalışma Sahası II - Çamlıhemşin İlçesi Şenköy	136
3.4.1. Çetinkaya Evi.....	136
3.4.2. Gedik Konağı	144
3.4.3. Gedik Konağı Serender	153
3.5. Çalışma Sahası III (Pazar İlçesi Papatya Köyü).....	164
3.5.1. Aydoğan Evi	164
3.5.2. Zihni Evi	174
3.5.3. Esat Evi	182
3.6. Çalışma Sahalarındaki Mevcut Durum Yapı Elemanlarının Performanslarının Genel Değerlendirilmesi.....	194
3.4. Ahşap Yapıların Cephelerinde Kullanılan Ağaç Malzemelerde Yüzey Kimyasındaki Değişimler Belirlenmesi	205
3.5. Rutubet Ölçer ile Rutubet Tayini	214
3.6. Ahşap Yapılardan Alınan Odun Örneklerinin Kimyasal Yapısı	215
3.7. Ahşap Yapılardan Alınan Odun Örneklerinin Fiziksel Yapısı.....	216
3.7.1. Rutubet ve Yoğunluk Değerleri	216
3.7.2. Ahşap Yapılardan Alınan Numunelerin Su Alma Oranları	218
3.8. Ahşap Yapılardan Alınan Odun Örneklerinin Mekanik Yapısı	220
3.8.1. Ahşap Yapılardan Alınan Odun Örneklerinin Dinamik Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü	220
3.8.2. Ahşap Yapılardan Alınan Odun Örneklerinin Basınç Direnci.....	222
3.8.3. Ahşap Yapılardan Odun Örneklerinin Dinamik Eğilme (Şok) Direnci.....	223
3.9. Ahşap Yapılarda Tespit Edilen Böcek Tahribatı.....	224

4. SONUÇLAR.....	231
4.1. Ağaç Türü ve Anatomik Özelliklere İlişkin Sonuçlar.....	231
4.2. Tarihi Ahşap Yapıların Mevcut Durum Yapı Elemanlarının Performanslarına İlişkin Sonuçlar	232
4.3. Ahşap Yapılardan Alınan Numunelerin FTIR Spektroskopisine İlişkin Sonuçlar.....	236
4.4. Ahşap Yapılardan Alınan Numunelerin Kimyasal Yapısına İlişkin Sonuçlar.....	236
4.5. Ahşap Yapılardan Alınan Numunelerin Fiziksel Yapısına İlişkin Sonuçlar.....	237
4.6. Ahşap Yapılardan Alınan Numunelerin Mekanik Yapısına İlişkin Sonuçlar.....	238
4.7. Böcek Tür Teşhisine İlişkin Sonuçlar	238
5. ÖNERİLER.....	240
6. KAYNAKLAR	244

Doktora Tezi

ÖZET

RİZE-FIRTINA VADİSİNDE TARİHİ AHŞAP YAPILARIN RESTORASYONUNDA ÖZNEL DOKULARI KORUMAK AMACIYLA AĞAÇ MALZEMEDEKİ TAHRİBAT VE KUSURLARIN BELİRLENMESİ

Büşra AYDOĞAN SELÇUK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Engin Derya GEZER
2024, 284 Sayfa

Çalışmada bulunan tarihi ahşap yapılardaki, ağaç malzemenin öznel dokusunun korunmasının yanı sıra sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla yapılardaki tahribat ve kusurların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla bölgede belirlenen üç farklı çalışma sahasında en az 150 yıllık tarihi geçmişe sahip dokuz ahşap yapının kiriş ve dikmelerinin taşıyıcılık performansı çalışma kapsamında belirlenen tahribatsız test yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Ayrıca ahşap yapılardan alınan numuneler laboratuvar ortamında deneysel testlere tabi tutulmuş olup fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Tarihi yapılardaki taşıyıcıların gözle görülür direncini etkileyebilecek tahribatlar değerlendirilmeye alınmış olup, ahşabı bozunduran biyotik esaslı etkenler teşhis edilmiştir. Yapıların dış cephelerinden temin edilen numunelerin yüzey kimyasındaki değişimler FTIR analizleriyle belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, kontrol numunesine kıyasla, tarihi yapıların dış yüzeylerinden alınan numunelerin C.I. ve L.I. indekslerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte incelenen yapıların güney cephesinden alınan numunelerin yüzey kimyasında değişimler olduğu ve ana bileşenlerde parçalanmalar/bozulmalar olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarihi ahşap yapılar, Tahribatsız test yöntemleri, Biyotik bozulmalar, Kestane

PhD. Thesis

SUMMARY

DETERMINATION OF DETERIORATION AND DEFECTS IN WOOD MATERIAL TO PROTECT THE SUBJECTIVE TEXTURES IN THE RESTORATION OF HISTORICAL WOODEN BUILDINGS IN RİZE-FIRTINA VALLEY

Büşra AYDOĞAN SELÇUK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forestry Industry Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Engin Derya GEZER
2024, 284 Pages

The aim is to identify the existing damages and defects of the historical wooden constructions in Rize region to ensure sustainability as well as the preservation of the subjective texture of the wood. For this purpose, the load-bearing behavior of the beams and columns of nine timber structures with a history of at least 150 years at three different study sites in the region was assessed using non-destructive testing methods determined as part of the study. In addition, samples taken from the timber structures were subjected to experimental tests in the laboratory environment and their chemical, physical and damaged mechanical resistance properties were tested. Destruction that may affect the visible resistance of the beams in historic buildings was assessed and biotic-related factors that degrade the wood were identified. The changes in the surface chemistry of the samples obtained from the facades of the buildings were determined by FTIR analyses. In line with the findings obtained from the study, it was determined that the C.I. and L.I. of the samples taken from the exterior surfaces of the historical buildings were low compared to the control sample. However, it was determined that there were changes in the surface chemistry of the samples taken from the south facade of the examined buildings and fragmentation / degradation of the main components.

Keywords: Historical wooden structures, Non-destructive testing methods, Biotic degradation, Chestnut

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Kesit görünüşlerinin ağaç malzemenin görünümündeki etkisi (Materna & Lokaj, 2008).....	6
Şekil 2. Farklı odun özelliklerinin tanımlandığı yapraklı ağaç odunu gövdesi (Pearson education, 2011)	6
Şekil 3. Anatomik yapıları gösteren iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunu modeli (Kuklik, 2008).	7
Şekil 7. Odun hücre çeperinin şematik görünümü (Desch & Dinwoodie, 1996)	11
Şekil 4. Selülozun kimyasal yapısı (Hon, 1994).....	12
Şekil 5. Ligninin lignoselülozik yapı içindeki konumu ve yapısının şematik gösterimi (Zakseski vd., 2010)	14
Şekil 6. Lignini oluşturan üç temel monomer (Rahimi vd, 2014)	14
Şekil 8. Odunda meydana gelen beyaz çürüklük (Krah vd, 2018)	24
Şekil 9. Odunda meydana gelen esmer çürüklük (Khaled vd., 2018).....	25
Şekil 10. IML-Resi pd (power drill)-400 cihazı (Nowak vd., 2019)	32
Şekil 11. Vida tutma direnci ölçüm aparatı (Aydoğan Selçuk, 2023)	33
Şekil 12. Fakopp firmasına ait stres dalga ölçüm cihazı (Aydoğan Selçuk, 2022)	34
Şekil 13. Ultrasonik test yöntemi için kullanılan Sylvatest cihazı (Nowak vd., 2019).	35
Şekil 14. X-ray cihazı (Nowak vd., 2015).	37
Şekil 15. Ağaç malzemenin tomografisi için sensör zinciri (sol), ağaç malzemenin 2D-tomogramı (sağ) (Dackermann vd., 2014).....	38
Şekil 16. İki elektrot arasındaki elektriksel dirençle rutubet ölçüm aparatı (Niemz, 1996).	38
Şekil 17. Geleneksel konutlarda dolma duvar modelleri (Sümerkan, 1990).	43
Şekil 18. Karma yapı sistemine örnek serenderler (Felek, 2020)	44
Şekil 19. Malzemenin yapı katlarına göre dağılımını gösteren şekil (Sümerkan,1990)	46
Şekil 20. Ahşap yığma duvarda (Kurtboğaz tekniği) geçme modeli (Sümerkan, 1990).....	47
Şekil 21. Taban girişlerindeki köşe birleşim açılımı (Sümerkan,1990).....	48
Şekil 22. Çatı modelleri (Sümerkan, 1990).	49
Şekil 23. Rize'nin bulunduğu bölge ve konumu (Google Earth, 2022).....	69

Şekil 24.	Rize mevkiinde farklı yükseltilerdeki araştırma sahalarının konumları ve görünümü (Google Earth, 2022)	69
Şekil 25.	Ağaç malzeme üzerinde yapılan çalışmaların iş akış planı	71
Şekil 26.	Işık mikroskobu (Aydoğan Selçuk, 2023)	72
Şekil 27.	IML-Resi Pd400 cihazı (Aydoğan Selçuk, 2023)	74
Şekil 28.	Vida tutma direnci ölçüm cihazı (Aydoğan Selçuk, 2021)	75
Şekil 29.	Stres dalga ölçüm cihazı (Aydoğan Selçuk, 2021)	76
Şekil 30.	Rutubet ölçüm cihazı (Aydoğan Selçuk, 2021)	77
Şekil 31.	FTIR ölçüm cihazı (Aydoğan Selçuk, 2022)	78
Şekil 32.	Şok direnci testi (Aydoğan Selçuk, 2022)	82
Şekil 33.	Eğilme direnci testi (Aydoğan Selçuk, 2022)	83
Şekil 34.	Basınç direnci testi (Aydoğan Selçuk, 2022)	84
Şekil 35.	Tarihi Ahşap yapılardan alınan numunelerin mikroskobik fotoğrafları (b, d, e, f, h, i, k, n, o): enine kesit, (c, l): radyal kesit, (a, J, m):teğet kesit. - Ölçekler: (d, g,) = 250 µm, (b, e, f, h, i, k, n, o) = 100 µm, (a, c, j, l, m)= 50 µm.	87
Şekil 36.	Yoğunluk ve vida tutma direnci arasındaki korelasyon eğrisi ve korelasyon formülü	92
Şekil 37.	Vida tutma direnci ile % Delme genliği arasındaki korelasyon	93
Şekil 38.	Eğilme direnci (MOR) ve vida tutma direnci arasındaki korelasyon	94
Şekil 39.	Tahribatlı eğilme direnci (MOR) ve Tahribatsız eğilme direnci (MOR) arasındaki korelasyon	95
Şekil 40.	Melikoğlu Konağı; (a) Güney görünüş, (b) Kuzey görünüş (Aydoğan Selçuk, 2021)	96
Şekil 41.	Melikoğlu Konağının sırasıyla (c) güney (d) batı ve (e) doğu cephe görünüş çizimleri	96
Şekil 42.	Melikoğlu Konağının bodrum kat tavan taşıyıcıları	97
Şekil 43.	Melikoğlu Konağının kuzey dış cephe girişleri	97
Şekil 44.	Melikoğlu Konağının zemin kat içi taşıyıcıları	98
Şekil 45.	Melikoğlu Konağının güney dış cephe taşıyıcıları	98
Şekil 46.	Melikoğlu Konağı batı dış cephe dikme	99
Şekil 47.	Melikoğlu Konağında görsel incelemeler: (a) Batı cephesine ait ahşap taşıyıcı dikme görüntüsü, (b) Ağaç malzemede gözlemlenen renk değişikliği ve korozyon, (c) Pencere kanatlarında dış hava şartlarının etkisi, (d) UV degradasyonu ve böcek tahribatı görüntüsü, (e) Taşıyıcı ahşap dikmede oluşan çatlak ve yarıлма, (f) Bodrum kat tavan taşıyıcı girişlerinin görüntüsü	100
Şekil 48.	Melikoğlu Konağında delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler	102

Şekil 49.	Melikoğlu Konağı Baba Evinin, (a) batı, (b) doğu ve (c) güney cephe görünümleri.....	110
Şekil 50.	Melikoğlu Konağı Baba Evinin doğu cephe çizimi.....	111
Şekil 51.	Melikoğlu Konağı Baba Evi batı dış cephe girişleri.....	111
Şekil 52.	Melikoğlu Konağı Baba Evi doğu dış cephe dikmesi	112
Şekil 53.	Melikoğlu Konağı Baba Evi giriş kat mekân içi dikme ve girişler	112
Şekil 54.	Melikoğlu Konağı Baba Evi kuzey dış cephe dikme ve girişler	113
Şekil 55.	(a) Restorasyon sonrası tavan döşeme görüntüsü (b) Ahşapta mantar çürüklüğü (c) Zemin taşıyıcısının görünümü ve yoğun UV degradasyonu, (d) Restorasyon sonrası tavan döşemesi.....	115
Şekil 56.	(a) Ceviz oyma tavanda yoğun böcek tahribatı, (b) Tahribata uğramış ahşap tavan döşeme girişi, (c) Rutubet alan ahşapta mantar ve böcek tahribatı, (d) Tavan döşemesinde beyaz çürüklük, (e) Ahşap taşıyıcıda beyaz çürüklük ve korozyon.	115
Şekil 57.	Melikoğlu Konağı Baba Evinde delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler.....	117
Şekil 58.	(a) Biryol Evi güney cephesi, (b) doğu cephesi, (c) kuzey cephesi.....	121
Şekil 59.	(a) Biryol Evi güney cephe, (b) kuzey cephe çizimi	122
Şekil 60.	Biryol Evi doğu dış cephe dikme ve girişler	123
Şekil 61.	Biryol Evi güney dış cephe giriş ve dikmeler.....	123
Şekil 62.	Biryol Evi kuzey dış cephe giriş ve dikmeler	124
Şekil 63.	Biryol Evi batı dış cephe giriş ve dikmeler	124
Şekil 64.	Biryol Evi bodrum kat tavan döşeme girişleri.....	125
Şekil 65.	(a) Bodrum kat girişte önemli ölçüde çürümüş ağaç malzemede oluşan deformasyonun görüntüsü (b) Ahşap dikmelerde böcek tahribatı ve UV degradasyonu (c) Ahşap girişe ait derin çatlak/yarık (d) Dış hava etkisi, (e) UV degradasyonu, (f) Yoğun dış hava etkisi ve böcek tahribatı	126
Şekil 66.	Biryol Evinde delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler	127
Şekil 67.	Çetinkaya Evinin yönler göre görünümü (a) doğu, (b) kuzey, (c) güney.....	136
Şekil 68.	Çetinkaya Evi kuzey cephesi	137
Şekil 69.	Çetinkaya Evi batı cephe girişi	137
Şekil 70.	Çetinkaya Evi doğu cephe giriş ve dikmeleri	137
Şekil 71.	Çetinkaya Evi güney cephe girişleri	138
Şekil 72.	Çetinkaya Evi kuzey cephe dikme ve girişleri	138
Şekil 73.	(a) Taşıyıcı girişlerde ve döşemede rutubete ve çürümeye bağlı oluşan kusurlar (b) Taşıyıcı girişte yoğun böcek tahribatı ve yarılma, (c) Girişte derin çatlaklar ve yarılmalar, (d) Çatı taşıyıcılarında çürüklük	

	ve böcek tahribatı, (e) Ahşap dikmedeki derin çatlaklar, (f) Ahşap dikmede çürüme, böcek tahribatı ve renk değişimi	140
Şekil 74.	Çetinkaya Evinde delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler.....	141
Şekil 75.	(a) Gedik Konağı batı cephesi , (b) Güney cephesi, (c) Kuzey cephesi	145
Şekil 76.	Gedik Konağı batı cephe kirişi	145
Şekil 77.	Gedik Konağı doğu cephe dikmeleri	146
Şekil 78.	Gedik Konağı kuzey cephe kirişleri	146
Şekil 79.	Gedik konağı güney cephe kirişleri	147
Şekil 80.	(a) Batıya yönündeki dikmede çatlak oluşumu (a) Ev içi zeminde oluşan mekanik aşınma ve böcek tahribatı (c) Rutubetin çatı saçaklarına etkisi (d) UV degradasyonu (e) Hava şartlarının (yağmur, kar suyu) kapı doğramasında oluşturduğu yüzey erozyonu (yıkama) (f) Enine kesitlerde oluşan çatlakların görüntüsü	148
Şekil 81.	Gedik Konağında delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler.....	150
Şekil 82.	Gedik Konağı Serender.....	153
Şekil 83.	(a) Gedik Konağı Serender doğu cephe görünüşü (b) Kuzey cephe görünüşü	154
Şekil 84.	Serenderin batı yönüne bakan giriş ve dikmeler.....	155
Şekil 85.	Serenderin doğu yönüne bakan giriş ve dikmeler.....	156
Şekil 86.	Serenderin güney yönüne bakan girişler.....	157
Şekil 87.	Serenderin kuzey yönüne bakan girişler.....	158
Şekil 88.	(a) Ağaç malzemenin bağlantı yerlerinde görülen çürüme böcek yenikleri, (b) Taşıyıcı dikmede UV etkisi, çatlak ve böcek tahribatı, (c) Ağaç malzeme yüzeyinde renk değişimi, (d) UV degradasyonu ve çürüme, (e) Taşıyıcıda çatlak/yarık görünümü	159
Şekil 89.	Gedik konağı Serenderde delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler.....	160
Şekil 90.	(a) Aydoğan Evi güney cephe görünüşü, (b) Kuzey cephe görünüşü	165
Şekil 91.	Aydoğan Evi güney cephe çizimi	165
Şekil 92.	Aydoğan Evi güney cepheye bakan dikme ve girişler.....	166
Şekil 93.	Aydoğan Evi kuzey cepheye bakan girişler.....	166
Şekil 94.	Aydoğan Evi doğu cepheye bakan giriş	167
Şekil 95.	(a) Çatı taşıyıcılarındaki bozulma, (b) Ağaç malzemenin birbirine geçtiği enine kesitlerde rutubete bağlı deformasyon (c) Dikmede renk değişikliği ve böcek tahribatı (d) Yüzey erozyonu ve çürüme, (e) Yapının zemininde kayma sebebiyle taşıyıcı duvarda oluşan bombe	168

Şekil 96.	Aydoğan Evinde delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler.....	169
Şekil 97.	(a) Zihni Evi güney cephe, (b) Batı cephe, (c) Kuzey cephe, (d)Doğu cephe	174
Şekil 98.	(a) Zihni Evi batı cephe, (b) Zihni Evi güney cephe	175
Şekil 99.	Zihni Evi batı yönü girişleri.....	175
Şekil 100.	Zihni Evi doğu yönü dikme ve girişleri	176
Şekil 101.	Zihni Evi güney yönü dikme ve girişleri	176
Şekil 102.	Zihni Evi kuzey yönü dikme ve girişleri	176
Şekil 103.	(a) Çatı taşıyıcılarında bozulma , (b) Yoğun UV degradasyonu, (c) UV degradasyonu (d) Yanmış ahşap görüntüsü, (e) Girişin birleşim yerinde böcek ve mantar tahribatı, (f) Çatı taşıyıcı elemanlarında (saçak) yağmur suyu/rutubet kaynaklı bozulma	178
Şekil 104.	Zihni Evinde delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler	179
Şekil 105.	(a) Esat Evi güney cephe, (b) Doğu cephe, (c) Kuzey cephe	183
Şekil 106.	Esat Evinin cephe görünüş çizimleri sırasıyla (a) Doğu , (b) Güney	184
Şekil 107.	Esat Evi güney yön giriş ve dikmeleri.....	184
Şekil 108.	Esat Evi kuzey yön giriş ve dikmeleri	184
Şekil 109.	Esat Evi bodrum kat girişleri	185
Şekil 110.	(a) Bodrum kat mantar çürüklük ve böcek tahribatına maruz kalan dikme ve girişlerin görünümü, (b) Rutubete maruz kalan çatı taşıyıcıları, (c) Dikmede lif eğriligi, (d) Bodrum kat ahşap taşıyıcı girişlerde mantar çürüklük	186
Şekil 111.	Çalışma sahasında incelenen bazı tarihi ahşap yapı elemanlarının delme cihazıyla testlerine ilişkin grafikler.....	187
Şekil 112.	(a) Melikoğlu K., (b)Melikoğlu K. Baba Evi, (c)Biryol Evi, (d)Çetinkaya Evi, (e)Gedik K, (f) Gedik Serender, (g) Esat Evi, (h) Zihni Evi ve (i) Aydoğan Evinin güney cephelerinden alınan ağaç numunelerinin dış ve iç yüzeylerinin FTIR spektralleri, (j) Kontrol kestane	207
Şekil 113.	Ahşap yapılardan alınan numunelerde belirlenen su alma oranları.....	219
Şekil 114.	Zihni Evindeki ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı	224
Şekil 115.	Esat Evi ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı	225
Şekil 116.	Aydoğan Evi ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı	226
Şekil 117.	Çetinkaya Evine ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı.....	227
Şekil 118.	Gedik Konağı Serenderin ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı	228
Şekil 119.	Gedik Konağı ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı.....	228

Şekil 120. Biryol Evi ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı.....	229
Şekil 121. Melikoğlu Konağı Baba Evi ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı	230
Şekil 122. Melikoğlu Konağı ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı.....	230



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Yapraklı ağaçlarda bulunan hücrelerin görevleri (Bozkurt & Erdin, 1995).....	9
Tablo 2. İğne yapraklı ağaçlarda bulunan hücrelerin görevleri (Bozkurt & Erdin, 1995)	9
Tablo 3. Odunu oluşturan bileşikler (Erdin, 2009)	10
Tablo 4. Hücre çeper maddelerinin ağaç türlerine göre (%) oranları (Siau,1995).....	15
Tablo 5. Tahribatsız muayene yöntemleri ve sınıflandırılması (Niemz, 2007)	31
Tablo 6. Rize’de yağışların aylara göre dağılım verileri	52
Tablo 7. Tarihi ahşap yapılara ilişkin yükselti ve koordinat bilgileri	70
Tablo 8. Kimyasal analizler ve yöntemlerin standartları	79
Tablo 9. Tarihi ahşap yapılara ait numunelerin anatomik karakterlerinin ortalamaları	88
Tablo 10. İOTRÇ, ORTTTÇ, ORTTTRÇ ait değerlerin varyans analizi sonuçları	89
Tablo 11. Ahşap yapılardan alınan numunelere ait İOTRÇ değerlerinin varyans kaynaklı ortalamalarının Tukey testi sonuçları.....	90
Tablo 12. Ahşap yapılardan alınan numunelere ait ORTTTÇ değerlerinin varyans kaynaklı ortalamalarının Tukey testi sonuçları	91
Tablo 13. Ahşap yapılardan alınan numunelere ait ORTTTRÇ değerlerinin varyans kaynaklı ortalamalarının Tukey testi sonuçları	91
Tablo 14. Melikoğlu Konağının dış cephe durum değerlendirmesi.....	99
Tablo 15. Melikoğlu Konağının taşıyıcı kiriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler	104
Tablo 16. Melikoğlu Konağında yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi.....	105
Tablo 17. Melikoğlu Konağının cepheleri ve bodrum katında yapılan ölçümlerin varyasyon faktörlerin ortalama etkilerinin Tukey testi sonuçları	106
Tablo 18. Melikoğlu Konağında yapılan ölçümlerin, cepheye göre ortalama farklılıklarının Dunnett testine göre sonuçları	107
Tablo 19. Melikoğlu Konağı Baba Evinin dış cephe durum değerlendirmesi.....	113
Tablo 20. Melikoğlu Konağı Baba Evinin iç mekân durum değerlendirmesi	114
Tablo 21. Melikoğlu Konağı Baba Evi taşıyıcı kiriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler	118

Tablo 22.	Melikoğlu Konağı Baba Evinde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi	120
Tablo 23.	Biryol Evinin dış cephe durum değerlendirmesi	125
Tablo 24.	Biryol Evine ait taşıyıcı giriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler	129
Tablo 25.	Biryol Evinde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi	131
Tablo 26.	Biryol Evinin cepheleri ve bodrum katı arasında yapılan ölçümlerin varyasyon faktörlerinin ortalamaları ve etkileri üzerinde Tukey testi sonuçları.....	132
Tablo 27.	Biryol Evinde yapılan ölçümlerin, cepheye göre ortalama farklılıklarının Dunnett testi sonuçları.....	132
Tablo 28.	Çetinkaya Evinin dış cephe durum değerlendirmesi	139
Tablo 29.	Çetinkaya Evine ait taşıyıcı giriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler	143
Tablo 30.	Çetinkaya Evinde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi	144
Tablo 31.	Gedik Konağı durum değerlendirmesi.....	147
Tablo 32.	Gedik Konağına ait taşıyıcı giriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler	151
Tablo 33.	Gedik Konağında yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi	152
Tablo 34.	Serenderin dış cephe durum değerlendirmesi	159
Tablo 35.	Gedik Konağı Serendere ait taşıyıcı giriş ve dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler	162
Tablo 36.	Gedik Konağı Serenderde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi.....	163
Tablo 37.	Aydoğan Evi dış cephe durum değerlendirmesi	167
Tablo 38.	Aydoğan Evine ait taşıyıcı giriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler	170
Tablo 39.	Aydoğan Evinde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi	171
Tablo 40.	Aydoğan Evi cepheleri ve bodrum katında yapılan ölçümlerin varyans faktörlerinin ortalamalarının etkilerinin Tukey testi sonuçları ($p \leq 0.05$)	172
Tablo 41.	Aydoğan Evinde yapılan ölçümlerin, cepheye göre ortalama farklılıklarının Dunnett testi sonuçları	172
Tablo 42.	Zihni Evi dış cephe durum değerlendirmesi	177

Tablo 43.	Zihni Evine ait taşıyıcı giriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler	181
Tablo 44.	Zihni Evinde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi	182
Tablo 45.	Esat Evi dış cephe durum değerlendirmesi.....	185
Tablo 46.	Esat Evine ait taşıyıcı giriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler	188
Tablo 47.	Esat Evinde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi.....	190
Tablo 48.	Esat Evinde yapılan ölçümlerin varyasyon faktörlerinin etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Tukey testi sonuçları	190
Tablo 49.	Esat Evinde yapılan ölçümlerin cepheye göre cephelerin ortalamalarının farklılıklarının Dunnett testi sonuçları	191
Tablo 50.	Ahşap yapıların ölçülen değerlerin cephelere göre ortalamaları	195
Tablo 51.	Tarihi ahşap yapılarda yapılan MOE ölçümlerinin ortalamalarının yapılara ilişkin etkileri	200
Tablo 52.	Tarihi ahşap yapılarda yapılan vida tutma ölçümlerinin ortalamalarının yapılara ilişkin etkileri.....	201
Tablo 53.	Tarihi ahşap yapılarda yapılan MOR ölçümlerinin ortalamalarının yapılara ilişkin etkileri	202
Tablo 54.	Tarihi ahşap yapılarda yapılan makaslama modülü ölçümlerinin ortalamalarının yapılara ilişkin etkileri.....	203
Tablo 55.	Tarihi ahşap yapılarda yapılan yoğunluk ölçümlerinin ortalamalarının yapılara ilişkin etkileri	203
Tablo 56.	Tarihi ahşap yapılardan ölçülen MOE değerlerinin cepheler ve bodrum katı üzerindeki etkileri.....	204
Tablo 57.	Tarihi ahşap yapılardan ölçülen vida tutma, makaslama modülü, MOR, yoğunluk değerlerinin cepheler ve bodrum katı üzerindeki etkileri.....	205
Tablo 58.	FTIR analizlerinde tespit edilen piklerin tanımlanması (Gupta vd., 2015).....	206
Tablo 59.	Ahşap yapılardan alınan numunelere ilişkin karbonil indeksi (C.I).....	212
Tablo 60.	Ahşap yapılardan alınan numunelere ilişkin lignin indeksi (L.I)	213
Tablo 61.	Ahşap yapıların güneş gören ve görmeyen cephelerindeki rutubet değerleri	214
Tablo 62.	Kimyasal analiz sonucu elde edilen bulgular	215
Tablo 63.	Ahşap evlerden alınan numunelerin rutubet ve yoğunluk değerleri.....	217
Tablo 64.	Fiziksel teste tabi tutulan numunelerin su alma oranı değerleri	218
Tablo 65.	Ahşap yapılardan alınan ahşap numunelerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri	221

Tablo 66. Ahşap yapılardan alınan ahşap numunelerin basınç direnci değerleri.....	222
Tablo 67. Ahşap yapılardan alınan odun numunelerinin şok direnci değerleri	223



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

İOTRÇ	: İlkbahar Odunu Trahe Radyal Çapı
İOTTÇ	: İlkbahar Odunu Trahe Teğet Çapı
YOTTÇ	: Yaz Odunu Trahe Teğet Çapı
YOTRÇ	: Yaz Odunu Trahe Radyal Çapı
ORTTRÇ	: Ortalama Trahe Radyal Çapı
ORTTTÇ	: Ortalama Trahe Teğet Çapı
K	: Konak
S	: Serender
NaOH	: Sodyum Hidroksit
EN	: Avrupa Standartları
TS	: Türk Standartları
TAPPI	: The Technical Association of the Pulp and Paper Industry
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi
ICOMOS	: International Council on Monuments and Sites
HG	: Homojenlik Grupları
SAO	: Su Alma Oranı
kN	: Kilonewton
MPa	: Megapaskal
MOE	: Elastikiyet Modülü
MOR	: Eğilme Direnci
K.A	: Konak adı
S.D.H.	: Ses Dalga Hızı
V.T.D.	: Vida Tutma Direnci
M.M.	: Makaslama Modülü
D.S.	: Direnç Sınıfı
Y	: Yoğunluk

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüzde ahşap, dünya ekonomisi için oldukça büyük değer ve öneme sahip bir materyaldir. İlk çağlardan beri çeşitli amaçlar için değerlendirilen ve günümüzde geniş kullanım imkânı bulan ahşap, aynı zamanda yakıt ve endüstriyel hammadde olarak da kullanılmaktadır.

Ağaç malzeme, yaşamın birçok alanında kullanım olanağı bulduğu gibi insanlığın mekân oluşturmaya başladığı günlerden bu yana önemli bir yapı malzemesi de olmuştur. Bununla birlikte kolay erişilebilirliği, işlenebilirliği, yenilenebilirliği, yüksek mukavemeti ve nispeten düşük özgül ağırlığı inşaatlarda yapı malzemesi olarak tercih edilme sebepleri arasında yerini almıştır. Ancak teknolojinin gelişmesi, beraberinde yapı malzemelerindeki ürün çeşitliliğini de etkilemiştir. Bu durum ağaç malzemenin diğer türdeki malzemelerle olan rekabetini artırmıştır. Ahşap, diğer yapı elemanlarıyla kıyaslandığında doğayla tamamen uyumlu, sağlıklı ve geri dönüşümü kolay, doğru kullanıldığında ve olumsuz özelliklerinin önüne geçildiğinde kullanım yerindeki ömrü uzatılabilen, sürdürülebilir bir malzeme olmaktadır. Bu özelliğiyle Türk ahşap mimarisinde temel yapı malzemesi olarak yerini kısmen de olsa almıştır. Uzun yıllar öncesinde inşa edilmiş bir yapıda kullanılan ahşap elemanlar, hiçbir koruyucu işleme tabi olmamasına rağmen çoğu zaman günümüze kadar dayanıklılığını koruyabilmiştir.

Sayısız medeniyet ve kültüre ev sahipliği yapmış olan Doğu Karadeniz Bölgesinde ahşap mimariyi sıkça görmek mümkündür. Bu tez çalışmasının araştırma sahası seçilen Doğu Karadeniz Bölgesinin kıyı şeridinde konumlanan Rize ise Anadolu coğrafyasının tarihsel ve kültürel mozağının oluşturduğu zengin birikime sahip bir ildir. Rize’de bulunan sivil mimari örnekleri büyük ölçüde özgün nitelikleri bozulmadan günümüze kadar ulaşabilmiştir. Kültür ve Turizm Bakanlığı’nın 2023 Haziran ayı verileri doğrultusunda Rize ilindeki tescilli ahşap konut ve yapılardaki toplam sayının 515 olduğu, henüz tescil edilmeyenlerle birlikte bu sayının daha fazla olacağı tahmin edilmektedir. Bu bölgeyi temsil eden ve anıtsal kültür mirası özelliği taşıyan tarihi ahşap yapılara bakıldığında yöreye özgü yaşam kültürleri ve farklılığı ahşap yapılardaki mimaride de görülmektedir. Asırlara meydan okuyan tarihi ahşap yapıların yoğun olduğu bölgedeki tarihi kentsel dokunun korunması,

gelecek kuşaklara aktarılması kültürel hafızanın sürdürülebilmesi açısından önem arz etmektedir.

Rize ve çevresi, meteorolojik veriler doğrultusunda uzun yıllardır, Türkiye’de yağışın ve buharlaşmaya bağlı bağıl nem değerlerinin en yüksek olduğu merkez konumundadır. Bu durum, ağaç malzemenin bütünlüğünü tehdit edebilmektedir. Rize ili ülkemizdeki en yüksek iklim indeksine sahip olması nedeniyle ağaç malzemenin çürüme riskinin en yüksek olduğu bölgelerden biri olduğunu göstermektedir. Bu bilgiler, tez çalışmasının araştırma sahası olarak Rize ilinin seçilmesinde başlıca etkili olmuştur. Ayrıca, yörenin iklim şartları (özellikle sıcaklık, yağış ve nem) yapının bulunduğu yükselti ve dış faktörlerin, ahşap yapıların cepheleri üzerindeki etkilerinin göz önünde bulundurulmasının gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Yukarda özel konumla ilgili bahsedilen etkenlerin (bakı, iklim, yükselti) tarihi ahşap yapılar üzerinde etkilerini belirlemek üzere ahşap yapılardaki tahribat ve kusurların tespiti ve yapıların korunmasına yönelik müdahale yöntemlerinin geliştirilmesi için araştırmaların yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Ahşap yapılardaki deformasyonun incelenmesi, çok disiplinli bir konu olup daha çok mimarlık ve inşaat mühendisliği disiplinlerinin ilgi alanlarına girdiği görülmektedir. Ancak ağaç malzeme teknolojisi üzerine yapılan anatomik ve morfolojik çalışmalar, Orman Endüstri Mühendisliği disiplininin asli çalışma konularından biri olup, bu konuda çok kapsamlı ve detaylı çalışmalar yürütülmemiştir. Ahşap yapıların yapımı ve restorasyonu sırasında temel sorunların başında, Mimarlık ve Orman Endüstri Mühendisliği gibi disiplinler arasında iş birliğinin eksikliğinden kaynaklı sorunlar ortaya çıktığı düşünülmektedir. Özellikle restorasyon ve konservasyon konularında, disiplinler arası uygulama konuları ve restorasyon teorileri gibi alanlarda iş birliği eksikliğinin etkisi belirgin şekilde görülmektedir. Tarihi ahşap yapılardaki tahribat ve kusurların belirlenmesi ve özgün dokuyu korumak amacıyla bu kusurların giderilmesi konusunda Orman Endüstri Mühendisliği literatüründe yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu zamana kadar yapılan tarihi ahşap yapılarla ilgili çalışmaların büyük bir çoğunluğu mimari ve sanat tarihi açısından ele alınmış, ahşap yapılardaki tahribat ve kusurların belirlenmesine ve çözüm önerilerine yönelik çalışmaların azlığı nedeniyle, bu tez kapsamında yapılan çalışmaların ülkemizin tarihi ve kültürel mirasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Restorasyon esnasında, seçilen malzemenin hatalı konstrüksiyonlarla uygulanması, uygunsuz kimyasallarla muamele edilmesi ve yanlış ağaç malzeme seçimi önemli sorunları beraberinde getirmektedir. Bunun sonucunda restorasyonla birlikte, özgün ahşap

elemanların onarımı mümkünken, gereksiz ve dikkatsizce değişime uğramaktadır. Bu durum teknik hatalarla dolu ya da özgün dokusunu kaybetmiş çok sayıda ahşap yapıyı karşımıza çıkarmaktadır. Ağaç malzemenin doğru uygulamalarda kullanılıp, kullanımının yaygınlaşması için bu hususta bilgi kaynaklarının artması ve paylaşılması oldukça önemli olmaktadır.

Günümüzde hala ayakta duran tarihi ahşap yapıların taşıyıcı ahşap elemanlarında (kiriş ve dikme) yapısal bozulmaların ortaya çıkması, bu yapıların kullanım ömürleri boyunca çevresel etkiler ve biyolojik bozulmalar gibi nedenlere bağlı olarak malzemenin tamamen işlevsiz hale gelmesine sebep olabilir. Ahşap yapılarda dikmeler düşey taşıyıcı eleman, kirişler yatay taşıyıcı eleman olarak kullanılmaktadır. Yapıya etki eden yüklerin (statik/dinamik) dikmelere ve buradan da zemine aktarılmasında kirişler aktif rol oynamaktadır. Bu nedenle yapısal taşıyıcı elemanların düzenli olarak kontrol edilmesi, muhtemel bozulmaların önüne geçilmesi ve tahrip olmuş elemanların değiştirilebilmesi veya onarılabilmesi için bozulma derecesinin belirlenmesi önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ahşap yapıların tahribatında, çevresel koşullar, yapısal özellikler veya insanların kullanımı gibi etmenlere bağlı olarak ortaya çıkan sorunlar arasında en yaygın olanı biyolojik esaslı tahribatlardır. Ahşap; mantar, böcek, bakteri gibi biyolojik zararlıların yaşaması için besin ve barınma ortamı ihtiyacını karşılamaktadır. Biyolojik tahribata neden olan canlıların türüne bağlı olarak uygun ve farklı ahşap koruma yöntemlerinin seçilmesi gerekmektedir.

Kullanım halindeki tarihi ahşap yapılardaki tahribat ve kusurların belirlenmesi ve değerlendirmesi amacıyla çok çeşitli yöntem ve tekniklerden faydalanılmaktadır. Görsel incelemeler, tahribatın yerinin belirlenmesinde en temel yöntemler arasında gelmektedir. Bu yöntem kapsamında mevcut veya olası bozulma belirtileri için yapı gözlemlenerek, daha ileri değerlendirme gerektiren alanları not edilmektedir. Bir yapının durumu değerlendirilirken görsel inceleme, kullanılan tek yöntem de olabilir. Bu yöntem, orta veya ileri düzeyde malzemenin yüzeyinde oluşan rutubet kaynaklı (çürüme ve böcek), mekanik kaynaklı tahribatın veya bozunmuş elemanların tespit edilmesinde yararlı olabilmektedir. Ancak erken evre veya malzeme içindeki çürümenin tespit edilmesinde bu yöntem yetersiz kaldığı için tercih edilmemektedir. Bunun yerine ahşap yapılar üzerinde tahribat ve kusurların belirlenmesinde tahribatlı ve tahribatsız test teknikleri ön plana çıkmaktadır. Tahribatlı testler, ahşap elemanların durumunu değerlendirmek için etkili yöntemlerden sayılmaktadır.

Ancak çoğu durumlarda mevcut yapı elemanlarından numune almak zor olduğundan ve hem nitel (olası bozulmanın boyutu, yapısal tahribat vb.) hem de nicel sonuçların (yoğunluk, dayanıklılık, elastikiyet modülü) tahribatsız olarak elde edilebilmesi için tahribatsız yöntemler kullanmak avantaj sağlamaktadır. Tahribatsız test sonuçları ile dayanıklılık testi sonuçlarının korelasyonu ile ahşap yapıların statik-dayanıklılık analizleri hakkında kapsamlı veriler elde edilebilmektedir. Bu yöntem, verilerin uygun şekilde yorumlanmasıyla tarihi ahşap yapılar için donatı tasarımına ilişkin yönergelerin geliştirilmesine imkân sağlamaktadır.

Bu bilgiler ışığında bu doktora tezinin genel amacı, Rize ilinde seçilen üç farklı çalışma sahasında belirlenen toplam dokuz adet tarihi ahşap yapının taşıyıcı elemanlarındaki tahribat ve kusurların görsel ve tahribatsız test yöntemleri ile belirlenmesini içermektedir. Bu bağlamda, Rize mevkiinde belirlenen çalışma alanlarındaki tarihi ahşap yapılarda yapılan faaliyetler aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Tarihi ahşap yapılarda kullanılan ağaç malzemelerin mikroskopik tür teşhisinin yapılması,
- Ağaç malzeme zaman içerisinde çeşitli nedenlerle (abiyotik ve biyotik unsurlar) bozunabilmekte ve performansı azalmaktadır. Bu nedenle kusur ve tahribatlara yol açan biyotik ve abiyotik unsurların ortaya konulması ve kusurların görsel test yöntemleriyle belirlenmesi, tahribata neden olan mantar çürüklük tipleri ve böcek türlerinin teşhis edilmesi,
- Ağaç malzemedeki direnç karakteristikleri belirlenmesi, ağaç malzemenin iç kısmındaki bozulmaların tespit edilmesi amacıyla tahribatsız test yöntemleriyle tahribat ve kusurların belirlenmesi,
- Odunun fiziksel özellikleri, doğrudan ya da dolaylı olarak mekanik özelliklerine de etki yaptığından tarihi ahşap yapılardaki malzemenin bazı fiziksel (yoğunluk, rutubet, daralma, genişleme) özelliklerinin tespit edilmesi,
- Uzun yıllar, açık hava şartlarında güneşin UV ışınlarına maruz kalan ahşap yapıların dış cephesinde ahşap yüzeylerin kimyasındaki değişimlerin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ile belirlenmesi,
- Ağaç malzemelerin kimyasal yapısını oluşturan bileşenlerin varlığı ve miktarı malzemenin direnç bakımından performansını etkilemektedir. Ağaç malzemenin hücre çeper maddeleri; selüloz, hemiselüloz, lignin ve ekstraktiflerindeki değişimin belirlenmesi.

Bu amaçlar doğrultusunda ülkemizde ağaç malzeme çürüme riskinin (iklim indeksine göre) en yüksek olduğu yerlerden birisi olan Rize mevkiinde, tez kapsamında tespit edilen araştırma sahalarındaki tarihi ahşap yapıların taşıyıcı elemanlarındaki tahribat ve kusurlar belirlenmiştir. Bu elemanlarda tespit edilen kusur ve tahribatlar sebebiyle karşılaşılan problemlerin çözümüne yönelik, benzer çalışmalara da katkı sağlayabilecek veriler elde edilmiştir. Ahşap yapının öznel dokusunu bozmadan müdahale edebilmek ve bu yapıların uzun yıllar boyunca sürdürülebilir kullanımlarının sağlanmasına yönelik öneriler getirilmiştir.

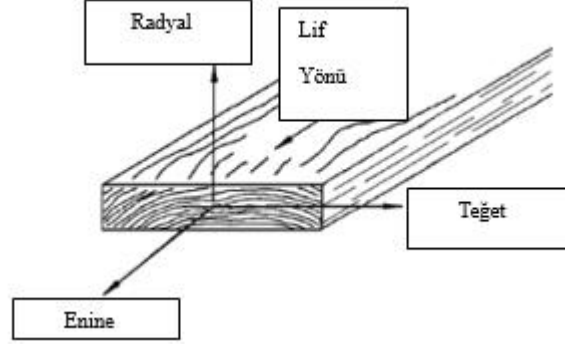
1.2. Odunun Yapısı ve Özellikleri

Odunun herhangi bir amaçla yapı elemanı olarak kullanılmadan önce, mikro ve makro düzeydeki karakteristik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu anlamda yüklemeler altındaki davranışının analiz edilmesi, hangi koşullarda nasıl bozulduğunun ve bozulmalar sonucu başlayan tahribatın türü ve derecesinin tespit edilmesi hususunun bilinmesi önem taşımaktadır. Bununla birlikte ağaç malzemenin kullanım yerindeki performansını ve mukavemetini belirlemek ve bu özellikleri etkileyen sebepleri bilmek gerekmektedir. Bu bölümde ağaç malzemenin makroskobik ve mikroskobik yapısıyla birlikte malzemeyi tahrip eden biyotik ve abiyotik kaynaklı etkenler ele alınmıştır.

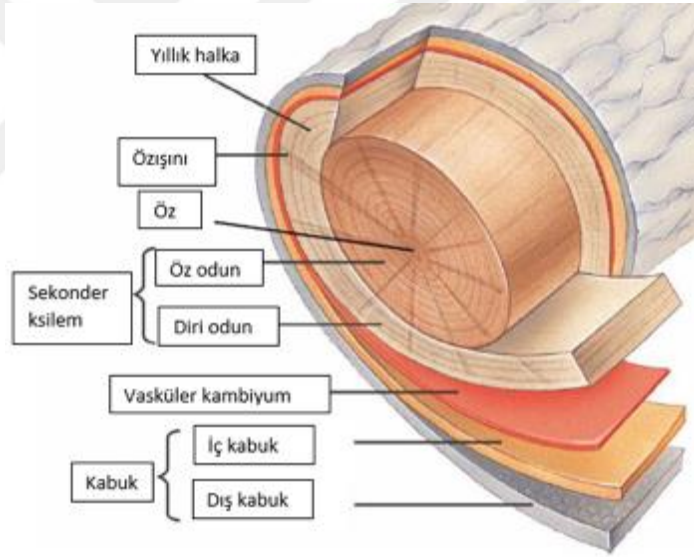
1.2.1. Odunun Makro Yapısı ve Özellikleri

Odunun makroskobik yapısı denildiğinde dışardan gözle görülebilen veya 10-30X lupla görülebilen özellikler anlaşılmaktadır. Ağaç malzemenin rengi, kokusu, tadı, parlaklığı, lif yapısı gibi fiziksel özellikleri de makro yapıyla ilişkilendirilmektedir. Ağaç malzeme kesitlerine göre yapısal farklılık göstermekte ve anatomik karakterizasyonu için gerekli olan enine, teğet ve radyal kesitle tanımlanabilmektedir (Şekil 1). Odunun gövdesinin boyuna eksene dik kesilmesiyle enine kesit elde edilmekte, gövde ekseni boyunca kesilmesiyle radyal kesit ve odunun kabuğunun soyulması sonucunda teğet kesit elde edilmektedir (Bozkurt & Erdin,1997). Şekil 2'de bir ağaç gövdesinin enine kesit görünüşü gösterilmektedir. Ağaç malzeme dışardan içe doğru kabuk, diri odun, öz odun ve öz kısımlarından oluşmaktadır. En dışta ağacı koruyan, ölü bir materyal tabakası olan dış kabuk bulunmaktadır. Bunun içinde, fotosentezden kaynaklanan glukoz ve diğer organik maddeleri

ağacın aşağısına ve gövdenin her seviyesine taşıyan iç kabuk yer almaktadır (Desch & Dinwoodie, 1996).



Şekil 1. Kesit görünüşlerinin ağaç malzemenin görünümündeki etkisi (Materna & Lokaj, 2008)

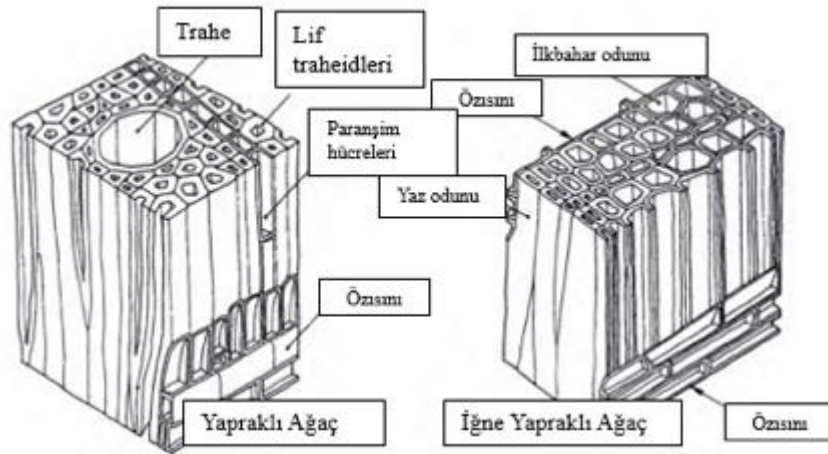


Şekil 2. Farklı odun özelliklerinin tanımlandığı yapraklı ağaç odunu gövdesi (Pearson education, 2011)

Kabuk ve odun arasında ise üreyimli hücrelerden ibaret olan odun ve kabuğun oluşumundan sorumlu kambium tabakası bulunmaktadır. Kambium tabakası, her büyüme (vejetasyon) mevsiminde yeni hücreler üreterek gövdeye bir yıllık halka daha eklenmesini sağlamakta, bunun sonucunda gövdenin merkezine yakın bulunan hücreler, gövde çapı arttıkça canlılıklarını kaybetmeye başlamaktadır. Bu kısımlardaki iletim elemanları zamanla tıkanmakta ve sonucunda su ve besin maddesi iletimi yapamamaktadır (Beckwith, 1998). Gövdenin geri kalan kısmı diri odun, öz odun ve öz olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır.

Özün etrafında yıllık büyümeyi gösteren iç içe geçmiş şekilde dairesel “yaş halkaları” bulunmaktadır. Yaş (yıllık) halkaların bulunduğu bölge iki farklı renk kesiminden (ilkbahar ve yaz odunu) oluşmaktadır. Bütün ağaçlarda koyu renkli olmamakla birlikte öze yakın koyu ve mat renkli kısma “öz odun”, açık ve parlak kısma “diri odun” adı verilmektedir. Kambiyumun iç tarafında bulunan diri odun, su ve mineral iletimi ile ilgili tüm yaşamsal faaliyetleri gerçekleştiren canlı hücrelerden oluşmaktadır (Evans, 2000). Ancak bu maddeler aynı zamanda mantarlar ve böcekler için de besin kaynağı olduğundan, bu durum diri odunun, öz oduna göre biyolojik dayanıklılığının neden düşük olduğunun sebebinin açıklamaktadır. Öz odun gövde kesitinin en iç kısmında ve merkezinde yer almaktadır. Ağacın ilk gelişimi için gerekli besin buradan sağlanmaktadır. Gelişim sürecini tamamlayan ağacın, öz odun hücreleri canlılığını yitirince gövdeyi destekleme görevi yapmaktadır. Ağacın mekanik ve destekleyici mukavemetinden sorumlu olmakla birlikte, içermiş olduğu ekstraktif maddeler sayesinde biyolojik zararlılara ve mekanik etkilere karşı diri oduna göre daha dayanıklı bir yapıya sahiptir. Ahşap yapılarda diri odun yerine öz odun kullanılması, yapının dayanıklılık süresini önemli ölçüde artırmaktadır (Evans, 2000).

İğne ve yapraklı ağaç odunları hücre tipleri ve işlevleri bakımından farklılıklar içermektedir. Şekil 3’te hücrelerin düzeni ve temel kesitleri gösteren iğne ve yapraklı ağaç odunu modeli gösterilmektedir.



Şekil 3. Anatomik yapıları gösteren iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunu modeli (Kuklik, 2008).

İlkbaharda ince çeperli ve geniş lümeneye sahip hücrelerden oluşan rengi açık yoğunluğu az olan yıllık halkaların bu kısmına ilkbahar odunu denilmektedir. Vejetasyon döneminde

daha sonra oluşan dar lümeneye sahip, kalın çeperli hücrelerden oluşan koyu renkli kısma yaz odunu denilmektedir. İlkbahar odunu iğne yapraklı ağaçlarda (çam, melez) açık renk, yaz odunu koyu renkte görülmekte, yapraklı ağaçlarda (meşe, kestane) ise bir yıllık halka düzeninde trahelerin genişlikleri ve büyüklükleri yıllık halka sınırını belirgin yapmaktadır. Yıllık halka sınırlarının belirgin olup olmayışı ağacın yetiştiği iklim kuşağına (ılıman veya tropik) göre değişkenlik göstermektedir (Bozkurt & Erdin, 1997).

1.2.2. Odunun Mikro Yapısı ve Özellikleri

Odunun mikroskopik yapısı, malzemenin mikroskopik düzeydeki ayrıntılı özelliklerini ve karakteristiklerini ifade etmektedir. Bu özellikler odunun bileşimi ve özellikleri hakkında faydalı bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Hücreler farklı şekillerde bir araya gelmek suretiyle odunu oluşturmaktadır. Odunu oluşturan bu hücreler odun içinde depolama, iletim, mekanik destekleme gibi çeşitli görevleri yerine getirmektedir. Dışta hücre çeperi, çeper üzerinde hücreden hücreye su ve besin maddesi akışını sağlayan geçitler ve ortada hücre boşluğu denilen lümenler bulunmaktadır. Geçitler bitişik iki hücrede karşılıklı bulunduğu geçit çiftlerini oluşturmaktadır. Bir hücre lümeninden diğer hücre lümenine sıvıların ve gazların taşınmasını sağlamaktadır. Hücrelerde genel anlamda basit ve kenarlı geçitler bulunmakta bu geçitler hücre tipine göre değişkenlik göstermektedir (Bozkurt & Erdin,1997).

İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odununun mikroskopik yapısı arasında farklılıklar bulunmaktadır. Yapraklı ağaçların odunu iğne yapraklı ağaçların odun yapısından daha karmaşık olup, daha fazla hücre çeşidi içermektedir. Bu sebeple görünüş özellikleri de çeşitlilik göstermekle birlikte dekoratif görünümleri sebebiyle kaplamacılıkta, tavan, kapı, pencere paneli, duvar, zemin dekorasyonunda, lambri yapımında tercih edilmektedir. Doğu Karadeniz evlerinde doğal dayanıklılığının yüksek oluşu ve yaygın yetiştirme olanağından dolayı kestane ağacı odunu kullanımının yaygın olduğu bilinmektedir. Yeknesak yapıdaki iğne yapraklı ağaçların odunu hafif ve lifleri düzgündür. Yapıları basit ve homojen olup odunsu hücre çeşitliliği yapraklı ağaçların odunundaki kadar fazla olmadığından odunları birbirine benzemektedir. Bazı türleri reçine içermektedir. Reçine kanalları ise iğne yapraklı olan bazı ağaç türlerinde doğal olarak (çam, ladin, melez) görülebilmektedir. Genellikle kontrplak ve inşaat, tarım aletleri, tel direği, iskele yapımında yaygın kullanılmaktadır (Bozkurt & Erdin,1997).

Karmaşık yapıdaki yapraklı ağaçların yıllık halkalarının içinde traheler bulunmakta iken iğne yapraklı ağaç odununda traheler bulunmamaktadır.

Odunun öz ışınları özden kabuğa doğru, diğer hücreler ise odunun eksenine paralel doğrultuda uzanmakta, radyal yönde depolama görevi yapıp, besin maddesi iletimini sağlamaktadır. Öz ışınlarının hücre genişliği ve oranı yapraklı ağaç odununda daha fazla olmaktadır. Yapraklı ağaç odunlarında hücreler düzgün radyal sınırlar oluşturmazken iğne yapraklı ağaçlarda hücreler düzgün radyal sınırlar oluşturmaktadır.

Tablo 1. Yapraklı ağaçlarda bulunan hücrelerin görevleri (Bozkurt & Erdin, 1995)

İletim	Destek	Depolama
-Trahe -Traheid Vaskular Vasisentrik	-Lifler Lif traheidleri Libriform lifleri	-Paranşimler Özışını paranşimleri Boyuna paranşimler -Epitel hücreleri

Tablo 2. İğne yapraklı ağaçlarda bulunan hücrelerin görevleri (Bozkurt & Erdin, 1995)

İletim	Destek	Depolama
Traheidler - İlkbahar odunu - Öz ışını	Traheidler - Yaz odunu - Basınç odunu	- Paranşim hücreleri - Boyuna - Öz ışını Epitel hücreleri - Boyuna kanallar çevresinde - Enine kanallar çevresinde

İğne yapraklı ağaçların ksilem dokusu yapraklı ağaçlara göre farklılık göstermekte, basit bir yapıdan oluşmaktadır. İğne yapraklı ve yapraklı ağaçlarda bulunan ksilem hücrelerinin görevleri Tablo 1 ve 2’de verilmiştir.

1.3. Odunun Kimyasal Yapısı

Odunun kimyasal yapısı ağırlıklı olarak karbon, hidrojen ve oksijen içermektedir. Karbon odunda en fazla miktarda bulunan element olmakla birlikte, onu oksijen ve hidrojen takip etmektedir. Odun; oksijen, karbon, hidrojenden başka, miktarı az olmakla birlikte azot ve başka kimyasal elementleri de içermektedir. Bu elementler odunda bulunan çeşitli bileşiklerin bir parçası durumunda eser miktarda bulunmaktadır. Odunda en çok rastlanan

eser elementlerden bazıları nitrojen, sülfür, kalsiyum, potasyum, magnezyum ve demirdir. Bu eser elementlerin odunda bulunması, ağaç türü, toprak bileşimi ve çevresel koşullar gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Genel anlamda bu elementlerin odunda bulunma oranları (%) Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Odunu oluşturan bileşikler (Erdin, 2009)

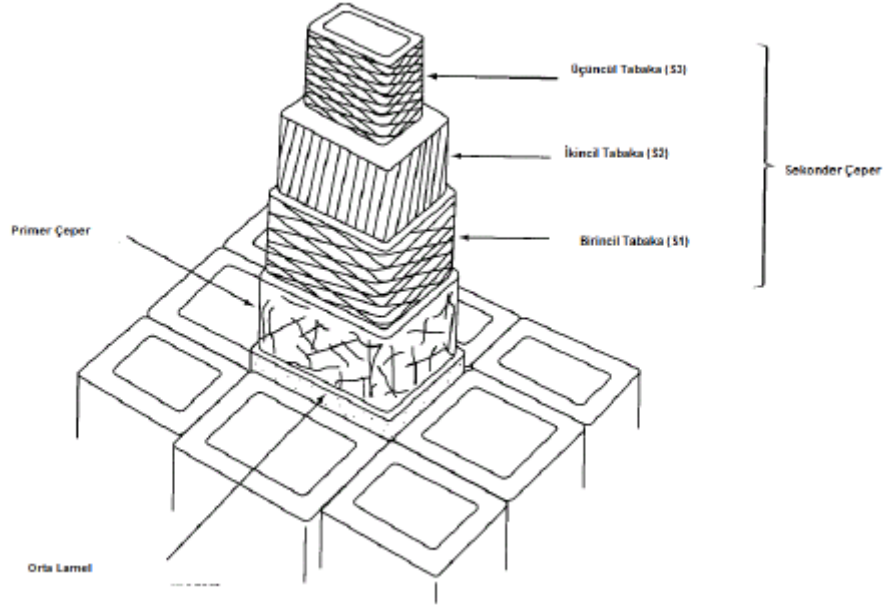
Kimyasal Elementler	Hücre Çeperinde Bulunma Oranları (%)
Karbon (C)	49-51
Oksijen (O)	43-44
Hidrojen (H)	6-7
Azot (N)	0,1-03
Kül (Ca, K, Mg, Mn vb.)	0,2-0,6

Odunun kimyasal yapısı, odun içindeki kimyasal bileşenlerin bileşimini ve düzenini ifade etmekte olup selüloz, hemiselüloz, lignin, pektinler ve ekstraktifler dahil olmak üzere organik kimyasal bileşikler içinde barındırmaktadır. Odunun kimyasal yapısı, ağacın büyüme koşulları, ağaç türleri gibi sayabileceğimiz değişkenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Hücre çeperindeki kimyasal bileşenlerin oranları ve bulunduğu yer malzemenin fiziksel ve mekanik direnç özellikleri önemli ölçüde etkilemektedir. Odunun kimyasal içeriğinin tespiti, onun özelliklerini, davranışını ve farklı uygulamalar için uygunluğunu anlamakla eşdeğer bir durum ortaya koymaktadır.

1.3.1. Hücre Çeper Tabakalarının Oluşumu

Odunsu hücrenin oluşumu; bölünme safhası, büyüme safhası, çeper kalınlaşması ve ligninleşme safhası olmak üzere dört aşamadan geçerek gerçekleşmektedir. Çeper kalınlaşması primer çeperde selüloz, hemiselüloz, ligninin depolanması ile meydana gelmektedir. Primer çeperde pektince zengin selüloz mikrofibrilleri bulunmakta, ligninleşme sırasında lignin çepere yerleşirken hemiselüloz miktarında azalma olmaktadır (Bozkurt & Erdin, 1997). Sekonder çeperde ise selüloz ve hemiselüloz miktarında artış olurken lignin azalış göstermektedir. Orta lamel pektin ve lignin içermektedir. Lignin yoğunluğu radyal çeperlerde yüksek oranda bulunmaktadır. Hücre çeperlerinin yapı taşı mikrofibriller oluşturmaktadır. (Desch & Dinwoodie, 1996).

Primer çeperin pektince zengin yapısı sebebiyle mikrofibril yapısı düzensizdir. Bu sebeple düzenli mikrofibril yapısına sahip olan sekonder çeperden ayrılmaktadır. Sekonder çeperde mikrofibriller belirli aralıklarla farklı açılarda olmakla birlikte S_1 , S_2 ve S_3 olmak üzere üç tabakadan oluşmaktadır (Şekil 4). Sekonder çeperin S_1 tabakasında mikrofibriller boyuna eksene hemen hemen dik açı yapmaktadır. S_2 tabakasının mikrofibrilleri S_1 tabakasından farklı olup hemen hemen paralel bir açı yapmaktadır. S_3 tabakasında ise mikrofibril yönü tekrar değişmekle birlikte hücre boyuna eksenine dik konuma gelmektedir. Hücre çeperinin her tabakasında kimyasal bileşiklerin yapıları ve oranları birbirinden ayrılmaktadır.



Şekil 4. Odun hücre çeperinin şematik görünümü (Desch ve Dinwoodie, 1996)

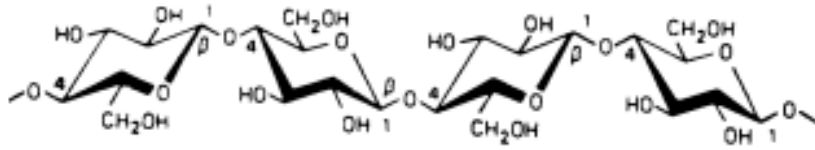
Selüloz mikrofibrillerinin hemiselülozla çevrilmiş olarak, plastik yapıdaki amorf ligninden oluşan yapı içerisinde gömülü bulunması hücre çeperini meydana getirmektedir (Bozkurt & Erdin, 1997). Aynı zamanda bu oluşum, betonarmenin demir kısımları hücre çeperindeki mikrofibrillere, çimentosunun da lignin maddesine benzetilmesiyle açıklanabilmektedir. Kısa süreli yüklemelerde selülozun elastik özelliği ön plana çıkarken uzun süreli yüklemelerde ligninin plastik özelliği ön plana çıkmakta olup bu durum ağaç malzemenin diğer yapı malzemelerinden ayrılmasında ağaç malzemeye özellik kazandırmaktadır.

1.3.2. Odunu Meydana Getiren Organik Bileşikler

Odunu meydana getiren organik bileşiklere ilişkin bilgiler başlıklar halinde verilmektedir.

- Selüloz

Fotosentez olayı sonucu oluşan glukoz $C_n(H_2O)_n$ basit bir şekeri ifade etmektedir. Glukoz moleküllerinin bir araya gelmesi, moleküllerin yönüne göre nişasta ya da selüloz oluşturmaktadır (Fengel & Wegener, 1984). Odunda en fazla miktarda bulunan bileşen olan selüloz, β -1,4-glukozidik bağlarla bağlanmış glukoz birimlerinden oluşan doğrusal bir polimeri ifade etmektedir (Li vd., 2021). Yaklaşık 8000-10000 glukoz molekülünün birleşmesiyle meydana gelmektedir (Siau, 1995). Selüloz zincirlerinin hidroksil grupları arasındaki bağlantının sıkı olduğu kristalit bölgelerde, serbest OH grupları olsa da bu bölgedeki mikrofibrillerin birbirine paralel şekilde düzenli ve sıkı olması nedeniyle H^+ iyonlarının serbest -OH iyonlarına ulaşmaları oldukça güç olmaktadır. Rutubetli tarihi ağaç malzemedede kristalit bölgeler bozulmakta ve azalmaktadır. Ağaç malzemedede kristallik azaldığında higroskopisitede artış olmaktadır. Bu durum selüloz mikrofibrillerinin paralel yönde daralmasına yol açmaktadır. Ağaç malzemenin rutubet karşısında daralma ve genişlemeye karşı duyarlılığı artış göstermektedir. Ağaç malzemenin liflere paralel çekme direncinin artmasında selüloz zincir molekülleri (Şekil 5) ve mikrofibrillerin hücre çeper tabakası boyunca uzanış yönünün etkisi olmaktadır (Bozkurt & Erdin, 1997). Cavallaro vd., (2010) yaptıkları çalışmada suya doymun ağaç malzemelerdeki selüloz deformasyonunun, ağaç malzemenin özelliklerinin değişmesindeki başlıca etken olduğunu belirtmiştir.



Şekil 5. Selülozun kimyasal yapısı (Hon, 1994)

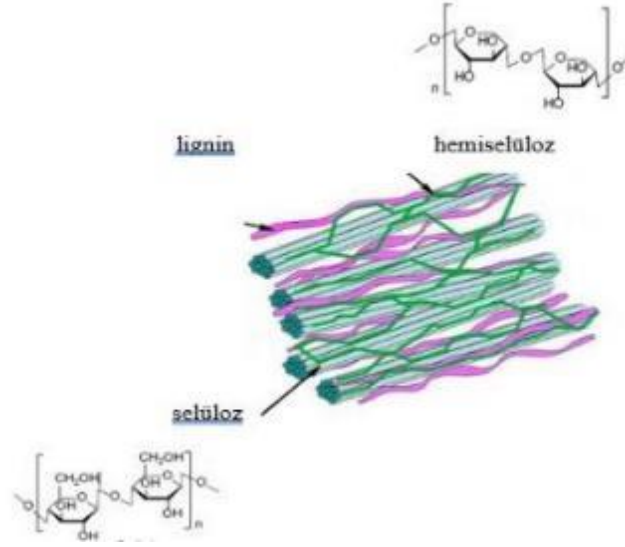
- Hemiselüloz

Odunun yapısal özelliklerini etkileyen önemli bir bileşenidir. Odunsu bitkilerin hücre çeperlerinde bulunan hemiselüloz; ksiloz, glukoz, mannoz ve galaktoz gibi farklı şeker

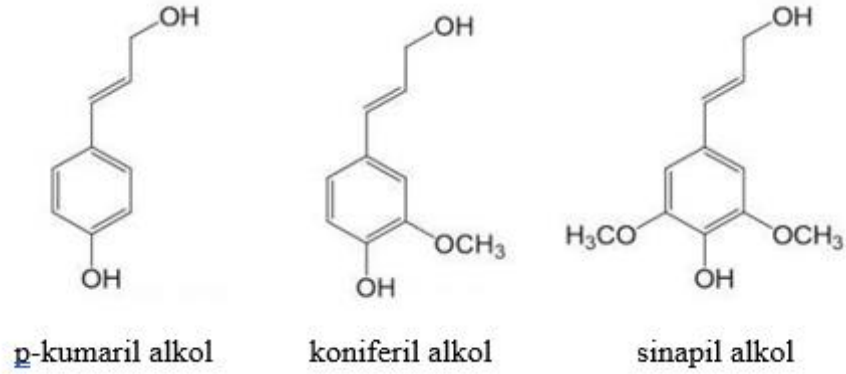
monomerlerinin bileşiminden oluşan karmaşık yapısal polimerler arasında yer almaktadır (Maceda vd., 2018). Hemiselüloz, yapraklı ağaçlarda ksilanlar ve iğne yapraklı ağaçlarda glukomannanlar gibi çeşitli şeker monomerlerinden oluşmaktadır (Xu vd., 2018). Sulandırılmış alkali çözeltilerinde çözünebildikleri gibi sulandırılmış asitlerle de tepkimeye girerek şeker ve şeker asitlerine ayrışmaktadır. Hemiselüloz, sıcak su ön işlemi veya basınçlı sıcak su ekstraksiyonu gibi çeşitli yöntemler kullanılarak odundan ekstrakte edilmektedir (Repellin & Guyonnet, 2005; Hosseinaei vd., 2011). Bu ekstraksiyon işlemleri, hemiselülozun ağaç malzemedan ekonomik ve çevre dostu bir şekilde uzaklaşmasına, biyomedikal uygulamalar için biyopolimer üretimi gibi çeşitli uygulamalarda kullanımına imkân sağlamaktadır (Xu vd., 2018). Yapılan çalışmalar hemiselülozun ağaç malzemedan uzaklaştırılmasının ağaç malzemenin ıslanabilirliğini azalttığını ve hidrofobik özellik kazandırdığını (Hosseinaei vd., 2011), hemiselülozun bozulmasının ağaç malzemenin mekanik özelliklerinde mukavemet kaybına yol açtığını göstermiştir (Silva vd., 2015).

- Lignin

Karmaşık ve heterojen yapısıyla ağaç malzemenin hücre duvarlarına sertlik ve dayanıklılık sağlayan yapısal polimerlerdendir (Şekil 6). Guayasil, siringil ve p-hidroksifenil birimlerini içeren bazı fenolik bileşiklerden meydana gelmektedir (Li vd., 2021). Bu birimlerin oranları ağaç türleri arasında farklılık göstermekte, bu da lignin yapısı ve özelliklerinde farklılıklara neden olmaktadır. İğne yapraklı ağaç odunu tipik olarak daha yüksek oranda guayasil birimlerine sahip olduğu, yapraklı ağaç odununda ise daha yüksek oranda siringil birimleri olduğu bilinmektedir. Lignin, selüloz ve hemiselülozlar arasında bir dolgu maddesi görevi görmekte ve lignoselülozik matrisi bir arada tutma işlevini görmektedir. Lignin biyopolimeri üç ana monomerden (p-kumaril alkol, koniferil alkol, sinapil alkol) oluşmaktadır (Şekil 7).



Şekil 6. Ligninin lignoselülozik yapı içindeki konumu ve yapısının şematik gösterimi (Zaksek vd., 2010)



Şekil 7. Lignini oluşturan üç temel monomer (Rahimi vd, 2014)

Hücre çeperinin gelişim aşamasının son safhasında oluşmaktadır. Selülozdan sonra ikinci bileşen olmakla birlikte yaşayan hücreler tarafından üretilmektedir. Hücre çeperine sertlik ve hidrofobik özellik katan ligninin ağaç malzemenin mekanik özelliklerine ve dayanıklılığına katkısı olmaktadır. Yapraklı ağaç lignini, iğne yapraklı ağaç lignine kıyasla dayanıksızdır ve kolaylıkla bozulabilmektedir (Hegdes, 1990). Hemiselüloz ile lignin, selülozik iskelete desteklik vermekte, hücreleri birbirine bağlamaktadır. Ağaç malzemeye yüksek elastikiyet ve yüksek basınç direnci sağlamaktadır (Bozkurt & Erdin, 1997). Hücre çeper maddelerinin ağaç türlerine göre oranları Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4. Hücre çeper maddelerinin ağaç türlerine göre (%) oranları (Siau,1995)

Ağaç türü	Selüloz	Hemiselüloz	Lignin
Yapraklı ağaç	%40-45	%25-40	%18-25
İğne yapraklı ağaç	%40-45	%20-30	%25-35

Zhao vd., (2019) eski binalardaki ahşapların selüloz ve hemiselülozundaki kimyasal değişiklikler üzerinde incelemeler yapmıştır. Çalışmaları, tarihi ağaç malzemenin hem selülozu hem de hemiselülozu önemli derecede bozulmaya uğradığı, ligninin ise nispeten değişmeden kaldığını ortaya koymuştur. Gao, (2023) eski bir gemide kullanılan ağaç türlerinin kimyasal bileşimini ve değişimlerini incelemiştir. FTIR analizi sonuçları, eski ağaç malzemenin selüloz ve hemiselülozunda değişimler olduğu, ligninde belirgin bir değişiklik olmadığını göstermiştir. Tarihi ağaç malzemenin kimyasal yapısındaki değişimleri incelemek üzere yapılan başka bir çalışmada Long vd., (2023) ağaç malzemenin selüloz ve hemiselülozunda belirgin değişimler olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

- Pektin

Pektin maddesi, en çok orta lamel ve primer çeperde bulunmakta, miktarı selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi diğer bileşenlere oranlandığında ağaç malzemedede daha az bulunmaktadır. Odundaki pektinin varlığı, ağaç malzemenin, mekanik mukavemeti ve su absorplama kapasitesi de dahil olmak üzere ağaç malzemenin yapısına ve özelliklerine etki etmektedir (Iglesias vd., 2021). Pektin, diğer bileşenlerle etkileşime girerek odunun dayanıklılığını ve çürümeye karşı direncini artırdığından ağaç malzemenin korunmasında rol oynamaktadır (Croitoru & Roata, 2020).

- Ekstraktif Maddeler

Ağaç malzemenin içinde organik kökenli maddelerden oluşan, ekstraktif maddeler olarak adlandırılan bileşenler bulunmaktadır. Bu maddelerin ağaç malzemenin yapı taşı oluşturulan hücre çeper maddeleri ile ilişkileri doğrudan bulunmamaktadır. Ağaç malzemedden çeşitli maddeler (sıcak veya soğuk su, alkol, benzen, aseton, eter vb.) yardımıyla ayrıştırılmakta (Bozkurt & Erdin, 1997) yoğunluk, sertlik, koku ve renk gibi birçok özelliğini etkilemektedir. Bu maddeler (reçine, tanen, boyar maddeler, nişasta vb.) hücre çeperi üzerinde ya da lümeninde bulunmakta (Fengel & Wegener, 1984) ağaç malzemenin birçok özelliği üzerinde biyolojik tahripçilere (mantar ve böcekler) karşı odunu koruyarak bazı ağaçların doğal dayanım süresini artırmaktadır.

1.4. Odunun Fiziksel Karakteristikleri

Odunun fiziksel özelliklerini anlamak, kullanım yerinin ve biçiminin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Ağaç malzeme bitkisel ve doğal bir malzeme olmanın yanı sıra fiziksel, kimyasal ve biyolojik bazı mekanizmalar aracılığıyla kendisini oluşturan maddelere dönüşebilmektedir (Hall, 1988). Ağaç malzemenin fiziksel özellikleri, anatomik yapının niceliksel açıdan bir göstergesi olmakta ve mekanik özellikleri doğrudan ya da dolaylı etkileyen faktörlerden sayılmaktadır (Wardrop & Davies, 1961; Petty, 1970). Ağaç malzemenin geçirgenliği, kapilaritesi (yüzey gerilimi), sorpsiyonu (su alma/verme yeteneği), lif doygunluğu noktası, rutubet miktarı, boyutsal çalışması (daralma/genişleme performansı), yoğunluğu, hacim-ağırlığı, porozitesi (hücre boşluğu oranı), akustiği, elektriksel ve termik özellikleri fiziksel özellikleri temsil etmektedir (Bozkurt & Göker, 1987; Tsoumis, 1991). Bu fiziksel özelliklerin her biri kendi içerisinde detaylar içermektedir. Bununla birlikte, ağaç malzemenin fiziksel özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili olarak geçmiş yıllarda çok sayıda literatür verileri bulunmakta ve bu veriler fiziksel özelliklerin birçoğunun doğrudan ya da dolaylı bir biçimde birbiriyle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Banks, 1970; McQuire, 1975; Bozkurt, 1986; Flynn, 1995).

Odunun yoğunluğu düşük olmasına rağmen yüksek dayanıklılığa sahip olması, hafif olmasına karşın yüksek taşıma kapasitesi sunması, sese, ısıya ve elektriğe karşı yalıtkan olma özelliği, işlenmesinin kolaylığı, çivi ve vida tutma yeteneğinin yüksek olması, kaynağının sürdürülebilir olması odunun temel özelliklerini ifade etmektedir. Bununla birlikte, odun higroskopik bir malzeme olduğundan, ağırlığı bulunduğu havanın sıcaklığına ve taşıdığı rutubete göre değişkenlik göstermektedir. Sıcaklık artışıyla havada tutunan nem kapasitesinin artışı ağaç malzemenin direncini düşürmekte bünyesine buhar halinde su almasını kolaylaştırmaktadır. Bulunduğu ortama göre bu durumun tam aksi de yaşanabilmektedir. Ağaç malzeme ile hava arasında bir denge rutubeti (higroskopik denge) oluşuncaya kadar rutubet alışverişi devam etmektedir (Erten, 1988). Havanın sıcaklığı ve bağıl nemi (yörenin iklim koşullarına göre) gibi dış ortam şartlarına bağlı olarak denge rutubeti değişkenlik göstermektedir. Ağaç malzemelerde genişleme ve daralmanın önlenmesi veya en aza indirilebilmesi, malzemenin kullanılacağı yerin iklim şartlarına uygun rutubet derecesinde işlenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Odunun yoğunluğu öz odunu ve ekstraktif madde miktarı, hücre çeper madde miktarı ve rutubet miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Yoğunluğu artan malzemenin organizmalara karşı direnci

artmakta bununla birlikte tutuşması zorlaşmaktadır (Hall, 1988). Bu genel ifadeler dışında, aynı cinsin farklı türlerinde veya alt türlerinde dahi ağaç malzemenin fiziksel özellikleri önemli varyasyonlar gösterebilmektedir.

1.4.1. Ağaç Malzemede Meydana Gelen Bozulmalar ve Sebepleri

Ağaç malzemeler çeşitli faktörlerin neden olduğu bozulmaya maruz kalmaktadır. Bu faktörler abiyotik ve biyotik kaynaklı olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılmaktadır.

- **Abiyotik Kaynaklı Etkenler**

Abiyotik faktörleri hava koşullarından kar, don, yağmur ve rüzgâr gibi atmosferik olaylar, güneş ışığı radyasyonuna (özellikle UV ışını) maruz kalma, sıcaklık değişimleri, rutubet, kimyasallar, mekanik ve fiziksel faktörleri kapsamaktadır. Bu faktörlerin sebep olduğu etkiler neticesinde ağaç malzemenin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerde azalma veya artma olabilmektedir. Aynı zamanda renk değişimi, boyutsal değişiklikler veya mukavemet kaybına yol açabilmektedir (Topaloğlu, 2019). Örneğin, güneş ışığına maruz kalan odunun fotodegradasyona uğramasıyla ağaç malzemede renk değişiklikleri ve yüzey erozyonu oluşumu görülmektedir. Sıcaklık değişimleri de odunun termal bozulmasına neden olmakta kimyasal bileşiminde ve mekanik özelliklerinde değişime uğramasına sebep olmaktadır (Demirkır vd., 2016). UV radyasyonu, odunun ligninini daha düşük moleküler ağırlıklı bileşiklere ayırtırdığında, lignin yağmur suyunun etkisiyle yıkanmaktadır (Akbarnezhad vd., 2020).

Rutubet, ağaç malzemenin bozulmasını etkileyen bir diğer önemli abiyotik faktörlerden sayılmaktadır. Yüksek rutubet seviyeleri, enzimatik süreçler yoluyla ahşabı bozunduran mantar ve bakterilerin gelişmesi için ortam şartlarını hazırlamaktadır (Aumen vd., 1983; Atwa vd., 2022). Aynı zamanda odunun genişlemesine ve daralmasına yol açarak boyutsal değişikliklere neden olmaktadır. Örneğin, ahşap yüzeyler suya maruz kaldığında hidrofilik hale gelmekte, bu da higroskopisitesinde ve boyutsal stabilitelerinde değişikliklere yol açmaktadır (Xuan vd., 2018). Ayrıca rutubetin varlığı, ekstraktiflerin ve bozulma ürünlerinin ağaç malzemeden sızmasını kolaylaştırmakta ve bütünlüğünün bozulmasına neden olmaktadır. Ayrıca, abiyotik faktörler polisakkarit bileşiklerinin yavaş hidrolizine, ligninin oksidasyonuna ve hücre çeperlerinden bozunmuş bileşenlerin ve ekstraktiflerin sızmasına neden olabilmektedir.

Hem doğal hem de insan kaynaklı kullanılan kimyasallar da ağaç malzemenin bütünlüğüne zarar vermektedir. Asitler ve alkaliler gibi kimyasallara maruz kalan, ağaç malzemenin bileşenlerinin kimyasal bozulmasıyla yapısında ve özelliklerinde değişimler olabilmektedir (Ghavidel vd., 2020). Hava kirleticiler ve endüstriyel emisyonlar gibi çevredeki kimyasal kirleticiler de ağaç malzemelerin tahribatını hızlandırmaktadır (Humar vd., 2019).

Ağaç malzemeye zarar veren mekanik etkenler TS 344 standardına göre, aşınma, çarpma, basınç, sürtünme gibi faktörler nedeniyle oluşan tahribatları içermektedir. Düzenli bir şekilde belirli bir hızla yapılan yüklemeler statik direnci ifade etmektedir. Yapının ahşap taşıyıcı elemanlarının performansında statik direncin etkisi olmaktadır. Dinamik ve ani yüklemeler sonucunda ağaç malzeme statik direncine oranla daha az direnç göstermekte ve sonucunda kırılma olmaktadır. Bu direnç türü dinamik eğilme direncini ifade etmektedir. Yüklemelerin devamlılığı karşısında belirli bir direnç gösteren ağaç malzemede zamanla şekil değişiklikleri oluşabilmekte, belirli bir süre sonunda kopmalar meydana gelebilmektedir (Şimşek, 2003).

- **Biyotik Kaynaklı Etkenler**

Ağaç malzemeler sadece abiyotik faktörlerden değil, aynı zamanda tahribatına katkıda bulunan çeşitli biyotik faktörlerden de etkilenmektedir. Biyotik faktörler arasında mantarlar, bakteriler, böcek zararlılarının yanı sıra ahşapla etkileşime girerek önemli hasara neden olabilen diğer organizmalar da yer almaktadır. Biyotik organizmalar, selüloz ve lignin gibi bileşenleri parçalayarak ağaç malzemede yapısal zayıflamaya ve mekanik özelliklerde düşüşe yol açabilmektedir (Rahmawati vd., 2020). Ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğü ve geçirgenliği de dahil olmak üzere ahşap yüzeyinin kalitesi, sıcaklık, rutubet ve besin ortamının varlığı gibi çevresel koşullar da biyotik ajanların gelişimini, aktivitesini ve ayrıca çürüme oranını etkilemektedir. Mantarlar, ağaç malzemelerin tahribatından birinci derece sorumlu biyotik ajanlardır (Mansour vd., 2015; Jasalavich vd., 2000). Mantarlar; enzim salgılama yoluyla lignin, selüloz ve hemiselüloz gibi organik bileşikler parçalama yeteneğine sahip canlı organizmalar arasında yer almaktadır. Mantarların, farklı türlerinin tahribat yeteneği farklı olup her biri belirli odun bileşenlerinin tahribatında rol almaktadır. Örneğin, esmer çürüklük mantarları öncelikle hemiselülozu tahrip ederken, beyaz çürüklük mantarları hem selülozu hem de lignini parçalayabilmektedir (Purahong vd., 2017). Bunun sonucunda mantar türüne göre ağaç malzemede renk değişikliği, yumuşama ve mukavemet kaybı görülebilmektedir (Rahmawati vd., 2020).

Tarihi yapılardaki ağaç malzemede meydana gelen tahribatlar estetik görünümde, stabilitede ve kültürel miras korunması üzerinde olumsuz etkiler ortaya koymuştur. Örneğin, Çin'deki ahşap davul kulelerinin yangın riskleri, biyolojik saldırılar, mekanik deformasyon ve kötü müdahalelerden dolayı tahribatı endişe yaratmıştır (Wang, 2021).

Termitler ve odun delici böcekler gibi böcekler de ağaç malzemeye önemli ölçüde zarar veren biyotik zararlılardan sayılmaktadır (Yalçın vd, 2020). Bu biyotik ajanlar da selüloz ve lignin gibi odun bileşenlerin parçalanmasına, yapısal zayıflamaya ve mekanik özelliklerin kaybına yol açmaktadır. Termitler ve deniz zararlıları da odunla beslenerek onu parçalamakta ve yapısal tahribata neden olmaktadır. Odun delici böcekler ise odunda tünel açarak odunun yapısal özelliklerinin olduğundan daha da zayıflamasına yol açmaktadır (Iswanto vd., 2022).

Bakteriler de ağaç malzemenin bozulmasına katkıda bulunmakta, ancak rolleri genellikle mantarların tahribatına göre ikincil sayılmaktadır. Odunun bakteriyel çürümesi tipik olarak mantarların varlığıyla ilişkilendirilebilmektedir. Çünkü bakteriler bozulmuş ağaç malzemeyi deforme edebilmekte ve daha fazla ayrışmasına katkıda bulunmaktadır (Atwa vd., 2022). Çürüklük yapan mantarlar oduna arız olması halinde bu durum bakterilerce odunun tahrip olmasını hızlandırıcı etki yapmaktadır. Bazı bakteriler mantarlarla etkileşime girdiklerinde odunu çürütme olanakları artmaktadır. Mantarlar ve bakteriler arasındaki bu sinerjik etkileşimler, odun bileşenlerinin daha verimli bir şekilde bozulmasına sebep olmaktadır. Ayrıca bakterilerin varlığı, odun hücre bileşenlerini daha fazla parçalayan enzimlerin üretimine katkı sağlamaktadır (Haidar vd., 2021). Bakteri varlığı, rutubetin çok yüksek olduğu ağaç malzemede yoğunlaşmaktadır. Bakteri tahribatı, mantar tahribatı ile karşılaştırıldığında önemli sayılmamaktadır. Bunun nedeni hücre çeperindeki selüloz etkilenmemekte aynı şekilde lignin üzerinde de önemli sayılabilecek etkileri olmamaktadır. Ağaç malzeme öz odunu asiditesi ve ekstraktiflerce zengin olduğundan bakterilere karşı doğal dayanıklılık göstermektedir (Erdin & Bozkurt, 1997).

Biyotik zararlılar ideal sıcaklık, rutubet ve besin maddesi varlığında ağaç malzemelerde gelişim göstermektedir. Bu faktörler, biyotik ajanların büyümesini ve aktivitesini etkileyerek malzemenin bozulmasının hızını ve kapsamını etkileyebilmektedir (Ghavidel vd., 2020).

1.5. Mantarların Gelişmesi İçin Yaşam İstekleri ve Mantarların Sınıflandırılması

Mantarların ağaç malzeme üzerindeki tahribatı çeşitli faktörlerin varlığında gerçekleşmektedir. Ağaç malzemeyi çürüten mantarların zararlarının ortaya çıkması için besin maddesi, rutubet, sıcaklık, ışık, oksijen ve asidik ortamın mantar gelişimi için yeterli şartları sağlaması gerekmektedir (Bozkurt & Erdin, 1997).

Hücre çeper maddelerinden selüloz, hemiselüloz ve lignin, odunu çürüten mantarların besin kaynağını oluşturmaktadır. Renk değişikliği yapan mantarlar ise şeker, nişasta, protein ve yağlar gibi maddeleri enzimler sayesinde tüketmektedir. Ağaç malzemede çürüklük yapan mantarlar büyük moleküllü hücre çeper maddelerini daha küçük parçalara bölme kabiliyetinde olan enzimler salgılamaktadır. Enzimlerin böldüğü bu çeper maddelerinin hüfler tarafından alınması ortamdaki suyun çözücü ve taşıyıcı etkisiyle gerçekleşmektedir. Böylece hücre çeperinde açtıkları geçiş deliklerinden mantar hüfleri kolaylıkla geçebilmektedir. Ağaç malzemede renk değişikliği yapan mantarlar ise odunda depo halindeki maddelerle besin ihtiyacını karşılamaktadır. Ağaç malzemeyi tahrip etmekten ziyade hüflerdeki pigmentler malzemede renk değişikliğine sebep olmaktadır. Hücreden hücreye geçişler, geçitlerden mekanik etkiyle sağlanmaktadır. Mantarlar tarafından salgılanan enzimlerin molekül büyüklüğü hücre çeperinden geçemeyecek kadar büyük olduğundan, ortamdaki suyun varlığı, enzim konsantrasyonunu seyrelterek daha küçük molekül parçaları haline getirmekte dolayısıyla da hücre çeperinden içeri girebilmesine yardımcı olmaktadır (Bozkurt vd., 1995).

Mantarların odundaki tahribatını başlatabilmek ve sürdürebilmek için belirli bir rutubet seviyesine ihtiyaç duymakta, bu sebeple rutubet içeriği mantar büyümesi ve aktivitesi için kritik bir faktör olmaktadır (Gallio vd., 2018). Rutubet; yağmur suyu, sızıntılar veya yüksek nem gibi çeşitli kaynaklardan oduna girerek mantar çürüklüğünün oluşması ve yayılması için elverişli koşullar yaratmaktadır (Humar vd., 2020). Ağaç malzeme %20 rutubetin üzerinde bir ortamda bulunacaksa çürüklüğe karşı gereken tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bununla birlikte, rutubetin çok yüksek olması durumunda ise odun çürütücü mantarların gelişimini engelleyici bir etken olmaktadır. Bazı mantar türleri odun tahribatının başlangıcında yüksek rutubet ihtiyacı duyabilmekte diğer taraftan odunun rutubetinin %20'nin altında olduğu durumlarda dahi odunu çürütebilmektedir. Rutubet ve mantar çürüklüğü, tarihi ahşap binalarda çokça rastlanan bir durum olup, ahşap elemanlar için

kullanılan ağaç türleri biyolojik ve yapısal hasarı büyük ölçüde etkilemektedir (Madhoushi, 2016).

Sıcaklık ve havanın bağıl nemi gibi çevresel koşullar da ahşabı tahrip eden mantarların büyümesini ve faaliyetlerini etkileyen sebepler arasında sayılmaktadır (Haas vd., 2019). Mantarların, gelişiminin en iyi/hızlı olduğu sıcaklık isteği, genellikle 21.0°C-32.0°C olup bunun sonucunda odunu tahrip edici etkisi hızlanmaktadır. Çürüklük mantarlarının türlerine göre sıcaklık tercihleri değişkenlik gösterebilmektedir. Ayrıca faaliyetleri mevsimsel değişikliklerden etkilenebilmekte (Liang vd., 2021), gelişimleri için ideal şartlar sağlandığında çürüme süreci hızlanabilmektedir (Ringman vd., 2014). Ağaç malzemenin denge rutubeti oranı havanın bağıl neminin artmasıyla artmaktadır. Bu sebeptir ki alçak araziler, vadiler ve göl yakını gibi havanın nispi rutubetinin yüksek olduğu yerlerde mantar tahribatına sıkça rastlanabilmektedir. Buna karşılık, mantarların soğuk ve kuru kutup iklimlerinde dahi kulübelerde, eserlerde ve tarihi binalarda ciddi bozulmalara sebep olduğu bildirilmişlerdir (Blanchette vd., 2004). Özellikle Kuzey Kutbu'nun ısınan bir iklime sahip olması nedeniyle kutup bölgelerindeki tarihi ağaç malzemelerin deformasyonunun endişe verici boyutlara ulaştığını belirtmişlerdir. Çünkü mikrobiyal bozulmanın artan sıcaklıklarla birlikte artma riski meydana gelmektedir (Blanchette vd., 2021).

Işık, mantarların gelişmesi için gereken şartlar arasında yer almaktadır. Mantarların klorofilleri olmadığından yeşil bitkiler kadar ışığa ihtiyaç duymamaktadırlar. Bu sebeple mantar türlerinin çoğu gün ışığından kaçarak, karanlıktan ya da doğrudan gelmeyen ışıktan faydalanmaktadır. Çünkü sporoforlarının gelişimi için ışığa ihtiyaç duymaktadır (Bozkurt vd., 1995).

Oksijen ihtiyacı mantarların gelişim faaliyetleri için gereken yaşam istekleri arasında gelmektedir. Ağaç malzemeyi çürüten mantarlar aerobik organizmalar olduğundan yaşam kaynağı olarak oksijene ihtiyaç duymakta, gelişmeleri için hücre boşluklarında %10-20 arasında oksijen (hava) bulunması gerekmektedir. Buna karşılık, ağaç malzeme su içerisinde bekletildiğinde diri odunda fazla miktarda su bulunması veya suyla doymun toprak içerisinde kaldığı süreçte ahşapta çürüme meydana gelmemesi malzemenin hücre boşluklarının su ile doymun olması ve oksijensiz bir ortamın oluşmasından kaynaklanmaktadır (Erten, 1988).

Mantarların ağaç malzemeye arız olmaları için odunun asiditesi gereken yaşam istekleri arasında gelmektedir. Genel olarak, odunun pH'ı 5 civarında olduğundan asidik özelliği oldukça zayıftır. Bu anlamda çürüklük yapan mantarların ağaç malzeme

gelişebilmeleri için gereken ideal pH'ın 5-6 civarında olması gerekmektedir (Bozkurt vd.,1995).

Ağaç türü mantar tahribatını etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Farklı odun türlerinin çürümeye karşı doğal dayanımları farklı seviyelerde olabilmektedir. Bazı odun türleri mantar saldırısına diğer türlere kıyasla daha duyarlı olabilmektedir (Baietto & Wilson, 2010). Bari vd., (2020) çalışmalarında beyaz çürüklük mantarlarına (*Plostreatus* ve *Trametes versicolor*) maruz bırakmış oldukları ladin, kayın ve meşe odunlarının bozulma özelliklerini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Her iki mantar türü de kayın ağacında yüksek kütle kayıplarına neden olurken, ladin ve meşe ağacının çürümeye karşı kayından daha dirençli olduğu belirlenmiştir.

Oduna zarar veren mantarlar ahşabı çürüten ve renk değişikliği meydana getiren mantarlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Odunda renk değişikliği yapan mantar türleri de kendi içinde küf mantarları ve renk veren mantarlar olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Odunu çürüten mantarlar ise beyaz çürüklük, esmer (kahverengi) çürüklük ve yumuşak çürüklük olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Ağaç malzemenin renginin değişimine neden olan mantarlar yüzeysel kalmakta ve estetik problemler oluşturmakta iken çürüklük yapan mantarlar odun maddesini tahrip etmektedir. Bunun sonucunda ağaç malzemede direnç kayıpları meydana gelmektedir. (Bozkurt vd., 1995).

1.5.1. Odunda Renk Değişikliği Yapan Mantarlar

- Küf Mantarları

Küf mantarları, ağaç malzeme yüzeyinde mavi-yeşil, yeşil, beyaz, turuncu ya da siyah renklenmeler yapabilmektedir. Küf mantarları, hücre içerisindeki maddelerle beslenmekte selüloz ve lignini tahrip etmemektedir. Öz ışını paranzim hücrelerindeki karbonhidratla yaşamlarını sürdürdüklerinden, ağaç malzemenin fiziksel özelliklerini ve direnç değerlerini etkilememektedir (Bozkurt vd, 1995). Bağlı nemin yüksek, iklimin yağışlı ve sıcak olduğu bölgedeki ağaç malzemede renk değişikliği kısa sürede olabilmektedir. Ortamın bağlı neminin %20-25 olduğu ortamda uzun süre bekletilen ağaç malzemelerde mantar faaliyeti başlayabilmekte, %35-50 arasında olduğu durumlarda ise mantar gelişimi için uygun koşullar sağlanmış olmaktadır (Günay, 2001). Yapraklı ağaçlar küf mantarlarına karşı iğne yapraklı ağaçlara kıyasla dirençli bir yapı göstermektedir.

- Odunda Renklenme Yapan Mantarlar

Odunda renklenme yapan mantarlar, yapraklı ve iğne yapraklı ağaçların diri odununa arız olmaktadır. Mavi siyahtan, açık gri renge kadar değişiklik göstermekte olup rutubetli ağaç malzemedeki tahribatları genellikle önemsenecek kadar az olmaktadır. Ağaç malzemedeki bakterilerle birlikte bulunan bazı türleri bulunmaktadır (Blanchette vd., 1990). İğne yapraklı ağaç malzemedeki renk değişimi, açık gri veya mavimsi siyah renkte, yapraklı ağaç malzemedeki ise renk değişimi kahverengi renkte olmaktadır. Renk değişimine neden olan mantarlar, hücre çeper maddelerini tüketmediklerinden çürüklük oluşturmamakta ve odunun direnç özelliklerinde de önemsenecek kayıplar oluşturmamaktadır.

Ağaç malzemedeki renk değişimi yapan birçok mantar türü için ideal rutubet %30-40 olmakla birlikte sıcaklık istekleri 20-25 °C arasında değişkenlik göstermektedir (Bozkurt vd., 1997).

İğne yapraklı ağaçlarda renklenme yapan mantarlar, ağaç türlerine göre en fazla göknar, ladin ve çama arız olmaktadır. Yapraklı ağaç türlerinde ise huş, kavak, kayın ve akçağaçta ayrıca uygun rutubet ve sıcaklık şartları sağlandığında birçok tropik ağaçta renklenme meydana getirmektedir (Erten, 1988).

1.5.2. Odunda Çürüklük Yapan Mantarlar

Odunda tahribat yapan çürütücü mantarlar hücre çeper bileşenlerinden selülozu, hemiselülozu ve lignini basit moleküllere parçalayarak enerji elde etmektedir. Bu değişimler enzimlerin katalitik etkisiyle olabildiği gibi enzimatik olmayan sistemler yoluyla da olabilmektedir. Salgıladıkları enzimler yoluyla hücre çeperinde delikler açılmaktadır. Hüflerin hücre çeperinden geçişinin olması ve enzimlerin hücre çeperine dağılması ortamdaki rutubetin varlığında gerçekleşmektedir.

Mantar çürüklüğünün bozundurma miktarı ağaç türlerine karşı değişim göstermektedir. Ağaç malzemedeki ekstraktif madde miktarı fazla olan meşe, kestane, yalancı akasya gibi türlerde doğal dayanım diğer türlere kıyasla fazla olmaktadır. Ağaç malzemeler, farklı sınıflandırmalara ait çeşitli mantarlar tarafından tahribata uğramaktadır. Bu mantarlar odunun bileşenlerini parçalayarak yapısal anlamda direnç kaybına ve mekanik performansında azalmaya yol açmaktadır. Bu anlamda mantarların sınıflandırılmasını anlamak, ağaç malzemenin bozulmasına katkıda bulunan belirli türleri belirlemek için çok

önem taşımaktadır. Ağaç malzemedede yaşayan mantarlar tahribat durumlarına göre gruplarına ayrılmaktadır (Bozkurt & Erdin, 1997).

- Beyaz Çürüklük Mantarları

Korozyon çürüklüğü olarak da bilinen beyaz çürüklük, adını ağaç malzemeye verdiği renk değişiminden kaynaklı almıştır. Hücre çeperinin S₃ tabakasından dışa yani orta lameler doğru, öncelikle lignini sonrasında diğer bileşenleri (selüloz, hemiselüloz) tahrip ederek çeper tabakasının kalınlığını incelten I.Tip beyaz çürüklük mantarlarıdır. Hücre çeper maddelerinden hemiselüloz ve selülozun, ligninden önce degrade olması veya hepsinin birlikte degrade olması II.Tip beyaz çürüklük mantarlarının özelliğidir. Bunun sonucunda ağaç malzemedede büyük boşluklar oluşmaktadır. Beyaz çürüklük mantarlarınca tahrip edilen ağaç malzemedede, enine çatlaklar, anormal daralma veya kollaps oluşturmamakta (Bozkurt vd, 1997) bıraktığı tahribat sonucunda yüzeyde beyaz renkli fibriller oluşması sonucunda ağaç malzemedede %95'e varan ağırlık kayıplarına sebep olabilmektedir (Zabel & Morrell, 1992). Yapraklı ağaç odunlarında beyaz çürüklük, iğne yapraklı ağaç odunlarına kıyasla daha yaygın görülmektedir. Bu durum beyaz çürüklük mantarlarının, iğne yapraklı ağaç türlerinin ligninine daha zor arız olmasıyla açıklanmaktadır. İleri derecedeki beyaz çürüklük (Şekil 8), ahşabı daha beyazımsı ve lifli bir görünüme dönüştürmektedir (Hudson, 1986).



Şekil 8. Odunda meydana gelen beyaz çürüklük (Krah vd, 2018)

Mantar türleri arasında yapılarda sıkça rastlanan ve beyaz çürüklük mantarlarının en önemli türlerinden biri, *Trametes versicolor* ılıman bölgelerde ve rutubetli iğne yapraklı ağaç odunlarına arız olmaktadır. Bu mantar türü, uygun ortamı bulduğunda hem eski ahşap yapılarda hem de yeni yapılarda tahribat yapabilmekte, yaptığı tahribata yumuşak odundan ziyade sert odunda daha fazla rastlanmaktadır (Ridout, 2004). Ağaç malzemeye zarar veren çürüklük mantarları genellikle bodrum katlarında, kiriş başlarında, döşeme tahtalarında

süpürgelik arkalarında, neme maruz kalan çatı elemanlarında ve pencere çerçevelerinde gelişme ve yayılma imkânı bulmaktadır (Seçkin, 2020).

- Esmer Çürüklük Mantarları

Esmer çürüklük yapan mantarlar ise odundaki polisakkaritleri bozundurarak lignini olduğu gibi bırakmakta ağaç malzemenin kahverengileşmesine ve ufalanmasına neden olmaktadır (Mariano vd., 2020; Tsukida vd., 2023).

Esmer çürüklükte, lif yönüne dik şekilde çatlaklar oluşmakta, ağaç malzemenin kuruması sonucunda çatlaklar genişlemekte ve küp şeklinde çatlaklı bir malzeme haline gelmekte çürümenin ilerleyen safhalarında kolayca ufalanabilmektedir (Şekil 9). Bu çürüklük tipi genellikle iğne yapraklı ağaçlarda olmaktadır. Çürümenin son safhasında dahi çeperlerde incelme olmamaktadır. Selülozca zengin olduğu bilinen S₂ tabakası öncelikle tüketilmekte malzemenin toplamda ağırlıkça 2/3'üne kadar olan kısmı tahrip olmaktadır (Bozkurt vd., 1993).



Şekil 9. Odunda meydana gelen esmer çürüklük (Khaled vd., 2018)

Esmer çürüklük, sıcaklık ve rutubet istekleri bakımından farklılık göstermekte, kuru ve yaş çürüklük olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır (Hudson, 1986). *Serpula lacrymans* (kuru çürüklük mantarı), havalandırmanın az, bağıl nemin yüksek olduğu, yaklaşık 23°C'de gelişip faaliyet göstermekle birlikte 1800 m yükseklikteki dağlık bölgelerde görülebilmektedir (Bozkurt vd., 1993).

- Yumuşak Çürüklük Mantarları

Yumuşak çürüklük mantarının etkisi, esmer çürüklük mantarının etkisine benzemekte hücre bileşenlerinden selüloz ve hemiselüloz tabakasını tahrip etmektedir. Ağaç malzemenin yüzeyi yumuşayıp üzerine sert bir cisimle bastırılabilen, orijinal biçimini koruyabilmektedir. Kurduğunda ise yüzeyde esmer çürüklükteki gibi küp şeklinde çatlaklı

ve gevrek bir görünüm almaktadır. Tahribat yüzeysel olduğu için rendeleme ile çürümüş yüzey kaldırılmaktadır. Bu çürüklük S₂ tabakasında iğ şeklinde boşluklar oluşturmaktadır.

Yumuşak çürüklük mantarlarının tahribatı ağaç malzemenin suyla ve toprakla direk temas eden rutubetli yerlerde oluşmaktadır. Yumuşak çürüklük yapraklı ağaç türlerinde yaygın olarak görülmektedir (Blanchette vd., 1990). İğne yapraklılarda ise S₂ tabakasında boşluklar açarak yapraklı ağaçlarda ise lümen tarafında, tahribat yapmaktadır. S₂ tabakasında ligninleşmiş yapı az olduğundan burada tahribat yapmaktadırlar. Yumuşak çürüklük, yapraklı ağaçlarda lignin oranı daha düşük olduğu için bu ağaçlarda iğne yapraklılara kıyasla daha hızlı gelişim göstermektedir. Yapraklı ağaç türlerinin yaz odununda, iğne yapraklı ağaçların ise ilkbahar odununda mantar misellerinin çapı kadar kalın veya daha büyük, belirgin boşluklar oluşturmaktadır (Brelid vd., 2000).

Yumuşak çürüklük mantarının iki tipi bulunmaktadır. Tip I, sekonder çeper içinde uzunlamasına boşluklar oluşturmaktadır. Tip II ise tüm sekonder çeperi tahrip etme kabiliyetine sahip olmakla birlikte esmer çürüklükle benzerlik göstermekte ve ayırt edilebilmesi güç olmaktadır (Kubicek, 2012).

1.6. Oduna Zarar Veren Böcekler

Ağaç malzeme uygun şartlar altında kullanıldığında odunu tahrip eden etkenler karşısında uzun yıllar kendini koruyabilmekte, rutubete ve böceklerle yüzlerce yıl dayanabilmektedir. Böcek tahribatı, ağaç malzemenin kalitesini ciddi şekilde etkilemekte ve onu mantar istilasına duyarlı hale getirerek yapısal özelliklerini zayıflatmaktadır (Jenoh vd., 2019). Böcekler barınma, yumurtlama veya besinlerini temin etmek amacıyla ağaç malzemeye yerleşmektedir. Böcek zararlıları oduna çeşitli organizmalarla birlikte arız olmaktadır. Bu organizmalar vasıtasıyla selüloz ve lignin böceklerin faydalanacağı sindirilebilir ürünler haline dönüştürülmektedir (Bozkurt & Erdin, 1997).

Böceklerin gelişimi için ağaç malzemedeki rutubet varlığı (lif doygunluğu noktası) önemli olmakta ve genellikle yumuşak, rutubetli çürümüş malzemeye arız olmaktadır. Bu nedenle odunun kuru kalması gerekmektedir (Berkel, 1972).

Ağaç malzemenin diri odununa nazaran öz odunu böcek tahribatına karşı daha dayanıklı olmaktadır. Çünkü öz odunda, böceklerin besin maddesi olan nişasta gibi besinler yeterli miktarda bulunmamaktadır. Ayrıca öz odun genellikle, böcek ve mantarlar gibi

biyotik zararlılara karşı toksik etkisi olan ekstraktif maddeler (tanenler, diğer fenolik maddeler) içermektedirler.

Oduna zarar veren böcekler ahşap yapılarda önemli tahribata yol açarak zaman içinde mekanik performansın düşmesine ve bakım sorunlarına yol açmaktadır. Ağaç malzemeye mantar ve bakteri bulaştırarak tahribatın daha da hızlanmasına neden olmaktadır. Böcekler ayrıca odunda renk değişikliklerine ve yüzey bozulmalarına da neden olmaktadır (Yalçın vd., 2017). Ağaç malzemenin böcek saldırısına karşı hassasiyeti, ağacın türü, rutubeti, kimyasal bileşimi ve çevresel koşullar gibi faktörlerden etkilenmektedir (Yalçın vd., 2020). Bu faktörlerin anlaşılması, ağaç malzemeleri böcek tahribatına karşı korumak için önleyici tedbirlerin uygulanması açısından çok önemli olmaktadır. Böceklerin pek çoğu erişkin olmadan odunun dışına çıkamadığından odunda böceklerin verdikleri zararlar, ancak yüzeydeki uçma delikleri, ahşap içindeki tüneller, kurt tozları, pencerelerdeki ölü böcek kalıntıları ve çekiçle vurulduğunda boş ses duyumları vasıtasıyla anlaşılabilir.

Termitler ve karıncalar da ağaç malzemenin rutubetinin yüksek olduğu durumlarda tahribat yapabilmektedir. Bu organizmalar koloniler halinde yaşamakta olup ağaç malzeme içinde uzun galeriler açmaktadır (Hansen, 1999).

Eski eserlerde ve kullanım yerinde tahribat yapabilen ayrıca çok kuru ağaç malzemede bile yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmektedir. Bu böcekler ekonomik önem sırasına göre; Cerambycidae, Anobiidae, Lyctidae, Bostrychidae, Platypodidae ve Scolytidae familyaları altında kategorize edilmektedir (Ridout, 2004).

1.6.1. Anobiidae (Tos vuran böcekler)

Anobiidae familyasına ait böcekler en yaygın olarak görülen türler arasında kabul edilmektedir. Ağaç türü bakımından iğne ve yapraklı ağaç odunlarına arız olabilmektedir. Yapılarda kullanılan ahşaba zarar vermesi ağaç malzemenin hücre içeriği ve çeperinde bulunan yapısal polimerleri besin maddesi olarak kullanmasıyla olmaktadır. Salgıladıkları enzimlerle ağaç malzemede tahribat yapmaktadır (Ridout, 2004).

Bu türler yumurtalarını odun çatlaklarına veya eski böcek uçma deliklerine bırakmaktadır. Larvaları kıvrık görünümlü ve uzun ömürlü olmaktadır. Olgun türleri, uçma deliklerinden çıkmadan önce de ahşaba ciddi zarar vermektedir (Richardson, 2001). Anobiidae *alt* familyasına dahil olan en önemli odun tahribatçılarının diğer türü *Xestobium rufovillosum* (ölüm saati böceği)'dur. Tarihi ahşap binalarda meşe, kestane, ceviz, kayın,

kızılağaç ve karaağaç türlerine arız olmaktadır. Öncesinde mantar istilasına uğramış olan ağaç malzemenin diri ve öz odununa saldırmaktadır (Unger, vd., 2001).

Anobiidae familyasına dahil olan en önemli böcek türleri *Xestobium rufovillosum* (ölüm saati böceği) ve *Anobium punctatum* (adi mobilya böceği)'dur.

1.6.2. Cerambycidae (Teke böcekleri)

Bu familyadaki böcekler teke böceği olarak bilinmekte ve 13000'den fazla türü bulunmaktadır (Bozkurt vd., 1995). Cerambycidae'lar besin maddesi olarak hem hücre içeriği ile hem de hücre çeperinde bulunan yapısal polimerleri kullanmaktadır. Böceklerin larvaları ağaç malzemeye asıl zarar veren tahripçilerdir. *Hylotrupes bajulus* (ev teke böceği) bu familyanın en ciddi tahribat yapan türü olup, ağaç malzemenin kuru ve yumuşak diri odun kısmına ve tarihi yapılardaki ağaç malzemelere arız olmaktadır. Ağaç malzemeye verdiği zararın büyüklüğünü uçma deliklerinin boyutları göstermektedir (Desch & Dinwoodie 1996; Unger, vd., 2001).

1.6.3. Lyctidae (Diri odun böcekleri)

Bu familyanın böceklerini sıcak iklim bölgelerinde yaşamaktadır. Sadece hücre içeriğindeki nişasta ve serbest şekerlerle beslenmektedir. Hücrenin yapısında bulunan selüloz ve hemiselülozu tahrip edebilecek bir enzim mekanizmalarına sahip olmamakla birlikte genellikle iğne yapraklı ağaçlardan çam, ladin ve göknara arız olabilmektedir (Ridout, 2004). *Lyctus brunneus* (parke böceği) bu türün en önemlileri arasında sayılmaktadır (Bozkurt vd., 1993).

1.6.4. Bostrychidae (Odun delenler)

Odun delici böceklerin, özellikle de Scolytinae alt familyasına ait olanların, ağaç gövdelerinde galeri açmaktadır. Bunun sonucunda ağaç malzemenin direnci zayıflamakla kalmayıp mantar tahribatına karşı dirençsiz hale de gelmektedir (Silva vd., 2021).

Odun delici böcekler rutubeti yüksek malzemede tahribat yapmaktadır. Hem iğne hem de yapraklı ağaç malzemelerde tahribat yapmaktadırlar. Bu tür genellikle, rutubet ihtiyacından dolayı taze ahşabı tercih etmekte, bu nedenle tarihi ahşap yapılardaki ahşap

elemanlarındaki tahribatları önemli sayılmamaktadır (Bozkurt vd, 1995). *Bostrychus capucinus* (kukuletalı odun delen) familyasındaki en önemli tür kabul edilmektedir.

1.6.5. Platypodidae ve Scolyidae (Öz odun böcekleri ve Kabuk böcekleri)

Bu familyalara ait böcekler genellikle tropik bölgeleri tercih etmekte ve dünyanın çeşitli yerlerine dağılımı tropik bölgelerden gelen malzemeler yoluyla gerçekleşmektedir (Bozkurt vd., 1993). Temel besin maddesi olarak nişasta ve hemiselülozu tahrip edebilmektedirler. Aynı familyadan olan “pinholeborers” ve “shotholeborers” olarak bilinen böcek türleri ağaç malzemede tek başlarına etkisiz iken bazı küf mantarlarının malzemeye taşınmasına neden olmakta ve zararın boyutunda artışa neden olmaktadır (Ridout, 2004)

1.7. Tarihi Ahşap Yapılarda Gerçekleştirilen İncelemeler ve Testler

1.7.1. Görsel İncelemeler

Ağaç malzeme hakkında ön bilgi sahibi olmak için tercih edilen, uygulaması basit ancak etkili bu yöntemler genel bir ifadeyle adlandırılmıştır. Bu yöntemler renk, lif kıvrıklığı, yıllık halka, budak gibi görünüş ve direnç üzerine etkisi olan doğal özelliklerin tespitinde, bununla birlikte mevcut çürüme, çatlak, boşluk, renk değişikliği, böcek tahribatı vb. deformasyonların tespitinde tercih edilmektedir (Falk vd., 1990).

Ağaç malzemeye çekiç ile vurup sesin malzemenin boşluklarında yankılarının dinlenmesi, malzemenin bozunmuş bir yüzeyinin kesici bir alet ile yardımıyla kazınarak bozulma derinliği ve direncinin tahmin edilmesi, malzemeye bir çekiç darbesiyle, çekicinin tepkisine karşılık malzeme direncinin tahmini görsel teşhis örneklerinden sayılmaktadır (Odabaşı, 1997). Görsel inceleme yöntemi; çürüme, tahribat veya yapısal sorunların görünür işaretlerini belirlerken boyut, miktar ve yerinin tespit edilmesini sağlayarak ağaç malzemenin yüzeyinin kapsamlı bir şekilde incelenmesini içermektedir (Xu vd., 2021).

Bu yöntemin temel amacı, ahşap yapı için önem teşkil eden parçaları belirlemek ve malzemenin kalitesini araştırmaktır. Ağaç malzemede çatlaklar, yüzey bozulmaları, çürüme veya dıştan görünen bir tahribat varsa tespit edilmesi ve işaretlenmesi gerekmektedir. Bu sayede ahşap elemanların erişilebilirliğine, malzeme kalitesine ve ahşap yapının genel durumuna göre yapılması gerekenlerin planlanmasında kolaylık sağlamaktadır. Ağaç malzemede mantar şapka yapısının (sporokarp) gelişmiş olması her ne kadar çürümenin

miktarını veya derecesini göstermese de mantar saldırısının olduğuna işaret etmektedir. Bazı mantarlar, az miktarda çürüme meydana geldikten sonra sporokarp üretmektedir. Mantarların sporokarpları üzerinde spor üreten yapılar olup, ciddi bir çürüme olasılığını göstermektedir.

Ağaç malzemedeki çürümeye bağlı oluşan boşluklar veya çürüklük zonları, batık yüzeyler, kısmi çökmeler ve ezilmeler olabilmektedir. Ayrıca ağaç malzemenin suya maruz kalması ve dolayısıyla meydana gelen yüksek rutubet, paslanma, lekelenme veya renk solmasına sebep olabilmektedir. Bunların dışında ağaç malzemedeki böcek varlığından dolayı toz ve yenik delikleri oluşabilmektedir. Yapı elemanlarındaki eksik parçalar; oyuklar ve yarıklar, çatlak ve yarıklarda bitki ve yosun büyümesi ve yapı üzerinde toprak birikmesi, bunun da bitişiğinde bulunan ahşap elemanlarda yüksek rutubetten dolayı çürüklük mantarlarının oluşmasına yol açabilmektedir. Bu şartların tümü görsel incelemede dikkat edilmesi gereken önemli işaretler arasında kabul edilmektedir (Ross, 2016). Diğer taraftan ağaç malzeme içindeki olası çürüklükler, böcek tahribatı veya doğal kusurların (budak/çatlak) varlığı hakkında net bilgi edinilememektedir. Bu kusurların malzemenin performansında ne derece etkisi olduğu bilinmemektedir. Ayrıca gözlemler kişiye göre değişkenlik göstermekte, tarafsız değerlendirme imkânı sağlamamakta fakat, ağaç malzemeyle ilgili ön bilgi verdiğinden tercihen kullanılmaktadır (Kandemir, 2010).

1.7.2. Tarihi Ahşap Yapıların Denetlenmesinde Kullanılan Tahribatsız Test Yöntemleri

Ahşap bir yapıdaki malzemenin durumunu değerlendirmenin yollarından biri tahribatlı testlerdir, ancak çoğu durumda mevcut bir yapının ahşap elemanlarından numune almak mümkün olmamaktadır. Tahribatsız testler, ahşap yapıların fiziksel ve mekanik özelliklerini yerinde değerlendirmek amacıyla başvurulan yöntemlerin başında gelmektedir (Giorgi vd., 2018). “Nondestructive testing” ya da “Nondestructive evaluation” olarak adlandırılan bu yöntemlerin isimleri için (Ross & Pelerin, 1991) bu ifadelerin yetersiz olup tam karşılığı olmadığını, malzemenin test edilmesi ve verilerin değerlendirilmesini de içeren bir sürecin tahribatsız değerlendirme olarak adlandırılmasını savunan bazı görüşler de bulunmaktadır (Bucur, 2003).

Hem kalitatif sonuçları (olası tahribatın boyutu, yapısal sorunlar, vb.) hem de kantitatif sonuçları (yoğunluk, mukavemet, elastikiyet modülü) tahribatsız olarak elde etmek için, ahşap yapı elemanlarından alınan numuneler üzerinde, tahribatlı testlerle birlikte tahribatsız

testlerin yapılması gerekmektedir. Bu sayede tahribatsız test sonuçlarından elde edilen verilerle, direnç testi sonuçlarının korelasyonu ahşap yapıların statik mukavemet analizlerinde detaylı veriler elde etmemizi sağlayabilmektedir. Verilerin elde edilmesini tarihi ahşap yapıların restore çalışmalarında kılavuz olma niteliği taşıyabilmektedir.

Birçok tahribatsız test yöntemi, ağaç malzemenin hem değerlendirmesini hem de sınıflandırma işlemini kolaylaştırmaktadır. Böylece malzemede önemli değişiklikler olmadan ağaç malzemenin durum tespitini yapma imkânı vermektedir. Bu yöntemler genellikle hızlı, güvenilir ve çoğunlukla ekonomik olmaktadır (Niemz, 2007). Ağaç malzemenin değerlendirilmesinde kullanılan tahribatsız testler mekanik, akustik, elektromanyetik ve nükleer teknikler olmak üzere dört başlık (Tablo 5) altında değerlendirilmiştir (Bucur, 2003; Niemz, 2007).

Tablo 5. Tahribatsız muayene yöntemleri ve sınıflandırılması (Niemz, 2007)

Teknikler	Temel Fiziksel Özellikler	Ölçülebilir Özellikler
Mekanik Teknikler	Delme direnci Direnç, Penetrasyon	Yoğunluk Mantar ve böcek tahribatının belirlenmesi
Akustik Teknikler	Stres-Dalga Ultrasonik Akustik emisyon Vibrasyon Yöntemi	Elastik sabitler (E, G) Mikro çatlaklar Kusur tespiti Tutkallı yapıştırma kusurları
Elektromanyetik Teknikler	Termografi, Elektriksel direnç Mikrodalga	Yüzeye yakın yerdeki yapışma kusurları Mantar tahribatının tespiti Rutubet
Nükleer Teknikler	Gözlemlenen ışık IR/NIR radyasyonu X-ray Nötron radyasyonu	Renk çeşitliliği ölçümü Renk, Yaş, Görüntü uyumu Nem, Kimyasal analiz Rutubet ölçümü

- Delme Direnci (Rezistograf) Yöntemi

En sık tercih edilen tahribatsız test yöntemlerinden biri olup oduna 1,5 ila 3,0 mm'lik bir mikro matkapla nüfuz eden dirençli delme (Rezistograf) yöntemidir (Nowak, 2013). Bu yöntem, iğneye benzeyen matkap milinin odunda ilerlemek suretiyle malzemeyi delmesiyle gerçekleşmektedir (Şekil 10). Bu ilerlemeyi gerçekleştirmek için motorun ihtiyaç duyduğu enerjiyi düzenli olarak kaydeden özel ekipmanla beraber kullanılmaktadır (Hasenstab, 2006). Penetrasyon derinliğinin doğruluğunu sağlamak için delme işleminin yüzeye dik olarak yapılması önem taşımaktadır. Bazı çalışmalar delme direnci ile ağaç malzemenin yoğunluğu arasında güçlü bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Bu yaklaşımla ağaç malzemenin iç kusurlarının tespit edilmesinde yaygın olarak tercih edilmektedir (Rinn vd, 1996 ; Isik & Li, 2004 ; Rinn, 2012 ; Gao vd., 2017). Açılan delik, ahşap elemanlar üzerinde yapısal etki taşımadığından önemsenmemektedir. Bu nedenle tahribatsız yöntemler arasında yer almaktadır. IML firması tarafından geliştirilen delme direnci cihazı Rezistografin sonuçları, x ekseninde penetrasyon derinliği ve y ekseninde korelasyonlu genlik ile bir grafik olarak gösterilmektedir (Nowak, 2013). Matkap mili ilerledikçe, farklı yoğunluklarda arayüzlerle karşılaşmakta ve bu da karşılaşılan direnç değiştikçe artan veya azalan bir genlikle sonuçlanmasına neden olmaktadır (Riggio, 2013). Bu nedenle genlik oldukça hassas olup sadece budaklar veya çatlakları değil aynı zamanda yıllık halkaları da görmeyi sağlamaktadır (Löwenmark, 2009). Genlik seviyesine bağlı olarak, farklı yoğunlukları nedeniyle genç ve ergin odun arasında ayırım yapmak bile mümkün olabilmektedir (Hasenstab, 2006).



Şekil 10. IML-Resi pd (power drill)-400 cihazı (Nowak vd., 2019)

Ahşap yapıların, yenilenmesi ve güçlendirilmesi için yapılan çalışmalarda rezistograf verileri araştırmacılara teşhiste kolaylık sağlamaktadır (Ross vd., 1999; Feio, 2005).

Tsai vd., (2006) delme direnci yöntemi kullanılarak yaptıkları çalışmada elastikiyet modülünü hesaplamışlar ve yoğunluk değerlerini kriter olarak almışlardır. Çalışma sonucunda elastikiyet modülü regresyon katsayısını 0,75 – 0,86 arasında hesaplamışlardır.

- Vida Tutma Direnci Yöntemi

Tahribatsız teşhis yöntemleri, tarihi ahşap yapıların korunması, restorasyonu bakımından tercih edilmektedir. Bu yapıların vida tutma direncini ve diğer yapısal yönlerini değerlendirmek için geliştirilmiş bir yöntemler arasında gelmektedir. Ağaç malzemeye bir vida yerleştirilmesi ve vidayı çekmek için gereken kuvvetin ölçülmesi prensibi üzerine çalışmaktadır (Şekil 11). Bu teşhis yöntemi aynı zamanda ağaç malzemenin yoğunluğu, mukavemeti ve bağlantı elemanlarını tutma kabiliyeti dahil olmak üzere mekanik özellikleri hakkında doğru bilgilere ulaşılmasına imkân vermektedir (Leng vd., 2017). Ağaç malzemede diri - öz odun, reçine varlığı vida tutma esnasında elde edilen sonucu etkileyebilmektedir.

Divos (2005) tarihi ahşap yapılar üzerinde yaptığı bir çalışmada, vida tutma yönteminin, stres dalga yöntemiyle birlikte kullanılmasının belirli bir hata payıyla eğilme direncinin tahmin edilmesinde kullanılabileceğini belirtmiştir.



Şekil 11. Vida tutma direnci ölçüm aparatı (Aydoğan Selçuk, 2023)

Tarihi ağaç malzemelerin vida tutma direncini tahmin etmek için elektriksel direnç yöntemleri de tercih edilmektedir. Bu yöntemler, ağaç malzemenin yoğunluğu, rutubet içeriği ve yapısal bütünlüğü ile ilişkilendirilebilen elektrik direncinin ölçülmesini

sağlamaktadır. Elektrik direncine dayalı tahribatsız yöntemlerin ağaç malzemelerin özelliklerinin değerlendirilmesinde etkili olduğu görülmektedir (Gao vd., 2019).

- Akustik Yöntemler

Stres dalga yöntemi, ağaç malzemenin akustik özelliklerini incelemektedir. Darbe sonucu oluşan stres-dalga yayılımı hızının ölçümüne dayanmaktadır (Şekil 12). Genel olarak, başta malzeme içinde stres ile oluşturulan akustik dalga geçiş süresinin ve malzeme içinde ilerleyen bu akustik dalganın vibrasyon frekansının ölçülmesi prensibiyle çalışmaktadır (Bucur, 2006).

Stres dalgaları sert ve yüksek yoğunluğa sahip ağaç malzemede hızlı ilerlerken, çürümüş, tahribata uğramış, düşük yoğunluğa sahip ağaç malzemelerde ise yavaş ilerlemektedir. Bu nedenle bir stres dalgasının ağaç malzemede sabit bir mesafe kat etmesi için geçen süre ölçülmek suretiyle, stres dalgası hızı belirlenmekte bu sayede ağaç malzemenin iç kısımlarında tahribat ve/veya çürüklük olup olmadığı tespiti yapılabilmektedir. Bu hız odunun sertliği, yoğunluğu ve mukavemeti ile ilişkili olup ve mekanik özellikleri hakkında bilgi sağlamaktadır (Menezzi vd., 2014). Malzemedeki tahribatsız ölçüm alınmasına, hızlı ve verimli bir değerlendirme yapılmasına olanak tanımaktadır. Ağaç malzemenin mekanik performansının anlaşılmasıyla, tarihi ahşap yapıların koruma, restorasyon ve bakım stratejilerine ilişkin doğru kararlar alınabilmektedir.



Şekil 12. Fakopp firmasına ait stres dalga ölçüm cihazı (Aydoğan Selçuk, 2022)

Wang ve Simpson (2006) yaptıkları çalışmada ağaç malzemedeki mevcut şekil bozukluğunu incelemek üzere malzemeyi stres dalga hızı testine tabi tutmuştur. Stres dalga hızı ve elde edilen elastikiyet modülü değerlerinin birbirleriyle sıkı bir ilişki içerisinde olduğu belirtilmiştir.

Ağaç malzemelerin kapsamlı değerlendirilmesini sağlamak için stres dalgası analizi ile diğer yöntemler birlikte kullanılması gerekmektedir. Bu yöntemler arasında ultrasonik test, elektrik direnci ölçümleri, tomografi teknikleri de yer almaktadır. Her yöntem kendine özgü avantajlar sağlamakta tarihi odunun özellikleri, kusurları hakkında bilgi elde edilmesini sağlamaktadır.

Ultrasonik yöntem, ağaç malzemede yoğunluk, rutubet içeriği ve iç kusurlar gibi özellikleri değerlendirmek için yüksek frekanslı ses dalgalarının geçirilmesini içeren başka bir tahribatsız test yöntemidir. Ağaç malzemelerin yapısal bütünlüğü ve kalitesinin teşhisinde kullanılmaktadır (Menezzi vd., 2014).

Ağaç malzemenin içinde bulunan kusurlar malzemenin özelliklerini olumsuz etkilemekte aynı zamanda sesin yayılma hızına da etki etmektedir. Bu duruma bağlı olarak hızın yayılması değişkenlik göstermekte, kaydedilen yayılma hızı ile sertlik ve yoğunluk arasında bir ilişki oluşturmaktadır (Bucur, 1995; Kabir vd., 2002). Test edilen ağaç malzemenin yüzeyinde (lif kıvrıklığı, vb.) ya da gövdesinde (budaklar, çatlaklar, çürüme vb.) bulunan bir kusurun baz alınması bir gruplandırmayı ifade etmektedir. Bir başka gruplandırma ise bu kusurların oluşumuna neden olan teknolojik (su toplamış kabarcıklar, odun bileşimindeki delaminasyon) ya da biyolojik kusurlara (reaksiyon odunu, çürüme, genç odun vb.) göre sınıflandırmaktır (Bucur vd., 2006). Bu yöntemden tarihi ahşap binalarda da faydalanılıp, bunun üzerine değerlendirmeler yapılmıştır (Tanasoiu vd., 2002; Kandemir vd., 2006; Divos, 2011).

İsviçre'den CBS-CBT şirketi tarafından üretilen Sylvatest cihazı (Şekil 13) ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerini tahribatsız bir şekilde değerlendirmek için kullanılabilen taşınabilir akustik-ultrasonik tekniğe göre çalışan bir cihazdır (Sandoz, 1989).



Şekil 13. Ultrasonik test yöntemi için kullanılan Sylvatest cihazı (Nowak vd., 2019).

Cihaz akustik-ultrasonik bir dalganın test edilen ağaç malzemenin seçilen bir bölümünü geçmesi için gereken süreyi ve dalganın enerjisini ölçmektedir. Ağaç malzemenin heterojen karakteri nedeniyle, tam ve güvenilir sonuçlar elde etmek için test edilen her bir eleman için liflere paralel ve dik yönde çok sayıda ölçüm yapılmasını gerekli kılmaktadır.

Vibrasyon yöntemi, bir malzemenin veya bir yapının fiziksel durumunun ve dinamik elastikiyet modülünün hesaplanmasında sıklıkla kullanılmaktadır (Bucur, 1995). Bu yöntemi göstermek için, hafif bir yaya ve iç sürtünme gücüne tutturulmuş kütlenin titreşimi ile odunun titreşim davranışı arasında bir eşitleme çizilebilmektedir (Ross & Pellerin, 1994). Vibrasyon halindeki bir numuneden elde edilen dalga spektrumundan “Hızlı Fourier Dönüşümü”nün (Fast Fourier Transform) kullanılması fikri ilk kez Sobue (1986) tarafından ortaya atılmıştır. Sobue (1986), bu yöntemi kullanarak hem küçük ve kusursuz örneklerde hem de yapısal boyutlardaki örneklerde güçlü korelasyon katsayıları elde edilebildiğini belirtmiştir. Bucur (1995), vibrasyon yöntemlerinde, akustik (stres) dalgası oluşturacak bir etmen kullanılmasına karşın ölçülen parametre, malzemenin doğal frekansı olduğunu belirtmektedir. Vibrasyon yöntemi dikme ve kirişlerdeki tahribatları algılamak ve bulmak (Bucur, 1995), yapısal kerestelerde dinamik elastikiyet modüllerini belirlemek (Brancheriau vd., 2002) için kullanılmaktadır.

Green & McDonald (1993), vibrasyon tekniği kullanılarak yaptıkları bir çalışmada dinamik elastikiyet modülü ile statik elastikiyet modülü, eğilme direnci, çekme direnci, basınç direnci arasındaki korelasyon katsayılarını (R^2) hesaplamış sırasıyla 0,85 - 0,92 - 0,42 - 0,54 - 0,60 - 0,70 değerlerini elde etmişlerdir.

Yin vd., (2006), çalışmalarında ağaç malzemenin mekanik özelliklerini belirlemede vibrasyon yönteminin kullanılabilirliğinin mümkün olup olmadığını araştırmıştır. Vibrasyon yönteminin, ağaç malzemenin eğilme ve basınç direnci özelliklerinin tahmininde kullanılabilir olduğu sonucuna varmıştır. Çalışmaları sonucunda statik elastikiyet modülü (MOE) ile dinamik elastikiyet modülü (MOE) korelasyon katsayısı (R^2) 0,76, dinamik elastikiyet modülü ve basınç direnci değeri arasındaki korelasyon katsayısının (R^2) 0,65 olduğunu tespit etmiştir. Vibrasyon yöntemiyle elde edilen elastikiyet modülü ile statik eğilme direnci (MOR) değeri arasındaki korelasyon katsayısının ($R^2=0,438$) ise diğer sonuçlardan daha düşük olduğunu belirtmiştir.

- Elektriksel Direnç Yöntemi

Elektrik direnci ölçümleri ağaç malzemenin çürümesi, rutubet dağılımı ve elektrik iletkenliği hakkında bilgi vermektedir. Elektrik direnci ve dielektrik spektroskopisi gibi

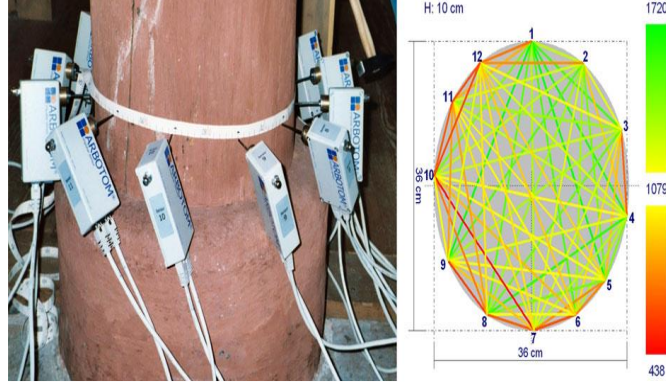
elektriksel özelliklere dayalı tahribatsız test yöntemleri de eski ağaç malzemenin nem içeriğini ve elektriksel özelliklerini değerlendirmek için kullanım imkânı sunmaktadır (Slávik vd., 2019).

- X-Ray ve Tomografi Yöntemi

Endüstriyel röntgen adı verilen bu yöntem (X-Ray), ağaç malzemelerdeki kusur ve tahribatları tespit etmek amacıyla malzemeye kısa dalga boyu elektromanyetik radyasyon uygulanması işlemine dayanmaktadır (Bucur vd., 1996). X ışınları daha yavaş ve uzun süreli, gama ışınları daha hızlı ve radyoaktif elementin türüne bağlı olarak kısa süreli bir yöntem olup ilk yöntemle göre radyoaktif tehlike riski taşımaktadır. Radyasyon yoğunluğundaki değişim, kalınlık ve malzemenin yapısı hakkında yorum yapmamızı sağlamaktadır (Niemz vd., 1983). Ağaç malzemenin yoğunluğunun belirlenmesinde X-ray yöntemi ile yoğunluğu etkileyen kusurlar ise X-ray absorpsiyon değişimi ile belirlenmektedir (Şekil 14). Bu yöntemin maliyetli olması orman endüstri alanında kullanımını zorlaştırmaktadır (Niemz, 2007). Bilgisayarlı tomografi taraması gibi tomografi teknikleri (Şekil 15), tarihi ağaç malzemedeki kusur ve tahribatların üç boyutlu olarak görüntülenmesine olanak sağlamaktadır (Martínez-Sala vd., 2013).



Şekil 14. X-ray cihazı (Nowak vd., 2015).



Şekil 15. Ağaç malzemenin tomografisi için sensör zinciri (sol), ağaç malzemenin 2D-tomogramı (sağ) (Dackermann vd., 2014)

- Rutubet Ölçer ile Rutubet Tayini Yöntemi

Ağaç malzemedeki biyolojik bozulma, malzemenin yüksek rutubet içeriği ile alakalı olabileceğinden, rutubetinin bilinmesi, malzemenin durumu hakkında daha fazla tahminde bulunulmasına olanak sağlamakta ve değerlendirilmesini kolaylaştırmaktadır. Rutubet içeriğini tam olarak belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri fırında kurutma yöntemi, ancak bu yöntem ağaç malzemenin yerinden çıkarılmasını gerektirmektedir. Rutubet içeriği tahmin için genel olarak üç yöntem (direnç, kapasitans ve higrometrik yöntemleri) kullanılmaktadır (Riggio, 2013). Direnç yöntemiyle ölçümde uçları iletken olmayan iki elektrot ağaç malzemenin içine darbe ile geçirilmekte ve iki uç arasındaki elektrik direncinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır (Şekil 16).



Şekil 16. İki elektrot arasındaki elektriksel dirençle rutubet ölçüm aparatı (Niemz, 1996).

Ağacın türü biliniyorsa, alınan ölçümler ilgili türün kalibrasyon eğrileri kullanılarak, türe göre ayarlanması gerekmekte (Lehmann vd., 2010), tür bilinmiyorsa, okumaların yaklaşık bir değerinin alınması gerekmektedir (Riggio vd., 2013).

1.8. Doğu Karadeniz’de Ahşap Evin Oluşumunu Etkileyen Genel Faktörler

Doğu Karadeniz Bölgesinde geleneksel ahşap ev mimarisine bakıldığında geçmişten günümüze kadar taşınan yerel mimarinin, bölgeye has mimari dokuyla benzer özellikte kendini göstermesi; tasarım, malzeme ve yapım sisteminin sürdürülebilirlik açısından belli ilkelere sahip olduğunu göstermektedir.

Yapıların şekli ve mekân organizasyonlarının yanı sıra, geleneksel yapı sanatı, yaşamsal ihtiyaçların ortaya çıkmasında birçok etkenin rol oynadığı etkili bir alan olmuştur. Bu önemli etkenler, iklim koşulları, arazi yapısı (topografik yapı), yerel yapı tecrübesi, yerleşim gereksinimleri, gelenek-görenekler, toplumun sosyo-ekonomik düzeyi ile kültürel ve tarihsel ilişkiler gibi unsurlardan oluşmaktadır. Bu faktörlerin, yapı sistemleri ve yapının oluşumunda etkileri olmaktadır (Yeler & Özek, 2007). Bunula birlikte bölgede en çok bulunan taş ve ahşap olduğundan yapı malzemesi bakımından tercih edilmekte ve yapım tekniklerini de bu malzemeler oluşturmaktadır. Geleneksel Doğu Karadeniz evi genellikle taş duvarlı bir temele sahip olup, üzerinde ahşaptan yapılmış bir veya iki kat bulunmaktadır (Gür & Batur, 2000).

Bitki örtüsü, iklim özellikleri, yerleşme düzeni, nüfus dağılımı, ekonomik yapı gibi özelliklerin yöresel olarak değişiklik göstermesine etkin olan olay, yükselti farklarından diğer bir deyişle topoğrafyasından kaynaklanmaktadır. Bölgelerin topografik yapısı, evlerin doğal çevreyle ilişkisi ve uyumunda önemli bir rol oynamıştır. Örneğin, Doğu Karadeniz Bölgesindeki dağların kıyıya paralelliği birbirine yakın bölgeler arasında bile büyük iklimsel farklılıklara neden olmaktadır.

Doğu Karadeniz'in kıyıya paralel uzantısı olan dağlarından iç bölgelere geçildikçe iklim koşulları değişiklik göstermektedir. Karadeniz kıyılarında yıllık ortalama sıcaklık genellikle 13°C-15°C arasında seyretmektedir. Ancak iç bölgelere doğru ilerledikçe ve denizden uzaklaştıkça yıllık ortalama sıcaklık düşmektedir. Bu iklimsel veriler, ahşap evlerin tasarımlarında ve yerleşim dokularının oluşturulmasında belirleyici bir etkidir. Doğu Karadeniz Bölgesi ülkemizin en çok yağış alan, kışları ve yazları ılık, bağıl nemi en

fazla donlu gün sayısı az olan bölgesi olması doğal olarak zengin bitki örtüsü oluşumunda etkili olmaktadır.

Bölgenin engebeli arazi yapısı, evlerin yönlendirilmesinde manzara ve güneş faktörlerinden daha çok etkili olmuştur. Bu nedenle evler genellikle bayır aşağı açıklığa bakan cepheleri ön cephe olarak benimsenmiştir. Yapı, araziye uyum sağlayarak zorlanmadan konumlandırılmıştır. Manzara ve güneş gibi sabit faktörlerin önemli olmadığı durumlarda evler, eğime dik olarak araziyle birlikte yönlendirilmiştir. Bu doğal oluşum sonucunda, tipik bir Doğu Karadeniz evi olarak, zemin katının duvarları taş, üst katının ise ahşaptan olduğu dağ kenarına gömülü dörtgen bir yapı ortaya çıkmıştır. Evlerin farklı yönlere göre uygun malzemeler ve yapılarla inşa edildiği göz önüne alınmıştır. Doğu tarafında, yağışın az olduğu bölgelerde, bol miktarda derz içeren dolma yapılar tercih edilmiştir. Batı ve kuzey yönlerinde, rüzgâr ve yağışa maruz kalan bölgelerde ise nemden etkilenmeyen taş ve sağlam ağaç duvarlar kullanılmıştır. Güneşli güney yönünde ise daha hafif bir yapı olan ahşap tercih edilmiştir (Zorlu & Faiz, 2012).

Doğu Karadeniz'in engebeli yapısı, toplu yerleşmeyi sağlayacak düzlüklerin az olması nedeniyle dağınık yerleşim düzenini oluşturmuştur. Doğu Karadeniz bölgesinin iklimine uygun bitki örtüsü, genellikle iğne yapraklılar arasında ladin, göknar, çam ve yapraklı ağaçlardan kayın, meşe, gürgen, kızılâğaç, kestane gibi türleri içermektedir. Bu bölge tarih boyunca birçok kültürün yerleşim yerine ev sahipliği yapmıştır. Bölgenin topografik yapısı nedeniyle dağınık yerleşimler ev ve çevresel oluşumunu etkilemiştir. Büyük evler, ahşap işçiliği açısından zengin detaylara sahiptir. Yerel yapı malzemelerinin kullanılması, kapalı ekonomi sistemi ve sınırlı ulaşım imkanlarından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, yaşam koşulları çerçevesinde evler şekillenmektedir.

1.9. Doğu Karadeniz'de Kullanılan Ahşap Yapı Malzemesi

Bölgeye özgü oluşundan dolayı ilk sırada kullanılan yapı malzemesi odundur. Malzeme seçiminde dikkate alınması gereken önemli nokta, doğaya zarar vermeden, geri dönüştürülebilen, yöresel özelliklere uygun, bölgenin iklim koşullarına uygun ısı geçirgenliğine sahip ve düşük enerji tüketimi gerektiren malzemelerin tercih edilmesidir (Yeler & Özek, 2007). Ahşap yapılarda rutubete, yağmura, böceklerle, dış etkenlere, yangına karşı doğal dayanıklılığıyla meşe ve kayın ile ortak familyadan gelen kestane ağacı tercih edilmektedir. Yağmura ve rutubete dayanıklı, kolay kolay alev almayan, sert ve doğal

dayanıma sahip kestane ağacı kendine özgü rengi ile kullanılmıştır. Zamanla kararmaya uğrayan ve yapıya estetik görünüm kazandıran bu ağaç malzeme pahalı olduğu için bunun yerine kızılâğaç, meşe, çam veya göknar kullanımı tercih edilmiştir (Özgüner, 1970). Anadolu kestenesi, ülkemizde doğal yetişme olanağı bulmaktadır. Ülkemizde doğuda Türk-Rus sınırından başlayarak, Karadeniz sahillerinden, İstanbul-Belgrat ormanına kadar coğrafi anlamda yayılış göstermektedir.

Kestane özellikle bol ışığı ve potasyum bakımından zengin toprakları tercih etmektedir. Mantarlar üzerinde zehirli etkisi olan tanen bakımından zengin olması, kestenenin eğilme direnci ve dayanıklılığını artırmaktadır. Bu sebeple yapılarda, köprülerde, teknelerde ve iç mimaride tercih edilmiştir. Dayanıklı ağaç türlerinden olması Karadeniz evlerinin cephelerinde en çok kullanılan ağaç malzeme haline getirmiştir. Taş ise ahşap binalarda ikinci yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Geçmişte, ahşap evler tamamen geçme yöntemi kullanılarak yapılmaktaydı. Bu durum sonraları değişim göstermiş olup kısmen çivi daha sonrası kısmen geçme tekniği kullanımına geçilmiştir.

1.10. Geleneksel Ahşap Yapı Sistemleri

Ülkemizde geleneksel mimaride temel yapı malzemesi olarak ahşap, taş ve kerpiç kullanılmıştır. Ahşap evler ise bulundukları bölgenin özelliklerine bağlı olarak ahşap, taş veya kerpiç kullanılarak inşa edilmiştir. Geleneksel ev mimarisinde duvar tekniklerinden biri olan ahşap çatma/iskelet/karkas yapı sistemleri, geleneksel Doğu Karadeniz bölgesinde farklı isimlerle tanımlanmaktadır. Bu yapı sistemleri, farklı bölgelerde çatma, iskelet veya karkas olarak adlandırılmaktadır. Ancak adı ne olursa olsun, bu yapı sistemlerinin temel kuralı, taşıyıcı elemanların, dikey olarak temel duvarlarına yük iletmeleridir. Bu yapı sistemde taş örgülü kısım su seviyesine kadar olan kısma inşa edilmekte, ardından diğer katlara yığma sistemle veya ahşap iskeletli çatki sistemle çıkılmaktadır (Eruzun, 1997).

Doğu Karadeniz Bölgesinde hâkim olan ahşap iskeletli (dolma) evlerle masif ahşap yapıların varlığı, zengin orman varlığı ile eski zamanlardan beri insanın ağacı işlemeye olan yatkınlığını kanıtlar niteliktedir. Bölgede taş ve ağaç malzemenin kolay ulaşılır olması, yapı malzemesinde öncelik olmasına ve yapım tekniklerini de bu malzemelerin belirlmesine neden olmuştur. Geleneksel ahşap evlerin taşıyıcı sistemleri aşağıda üç ana başlık altında tanımlanmaktadır.

1.10.1. Ahşap Yığma Sistem

Orman bakımından zengin bölgelerde tercih edilen bu sistem düşey taşıyıcılar kullanılmadan ahşap yapı malzemelerinin birbirleri üzerine çeşitli geçme tekniği kullanılarak bindirilmesi suretiyle oluşturulmuştur. Böylelikle ahşap hem taşıyıcı hem de dış etkenlere karşı koruyucu bir malzeme durumunda kalmıştır (Özgüner, 1970). Doğu Karadeniz’de konut mimarisinde yaygın kullanım imkânı bulan duvar tekniklerinden, ahşap yığma sistemi (Sümerkan, 1990), basit taş temel üzerine fiziksel şekillendirme işlemine tabi tutulmadan birbirine zıt yönlerde üst üste dizilmiş veya düzgün kesilmiş kütüklerin geçme tekniği ile üst üste oturtularak oluşturulduğu yapı sistemidir (Erenman, 1988). Bu yapı sistemlerine ait örneklerle, kullanımı sınırlı olduğundan basit köy evlerinde ve iç kesimlerde olduğu kadar dağ ve ormanlık bölgelerde de sıkça rastlanmaktadır.

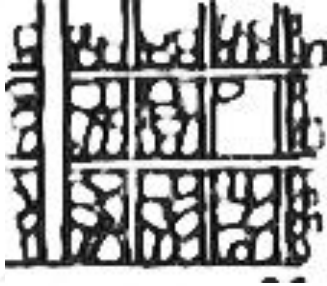
1.10.2. Ahşap Karkas Sistem

Ahşabın temel veya yığma sistemin üzerine yerleştirilerek taşıyıcı bir yapı oluşturulduğu sistemler, ahşap iskeletli sistemleri ifade etmektedir. Bu sistemler kuruluş kolaylığı ile birlikte çok katlı yapılar üretilebilme imkânı da sağlamıştır. Mimari anlamda çözüm kolaylıkları sağlaması sonucu çokça tercih edilmiştir. Sistemin bölgede kullanımı ahşap iskelet çatma ve ahşap iskelet dolma (hımış) olmak üzere iki şekilde olmuştur.

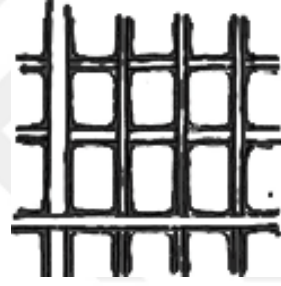
Ahşap iskelet çatma; bu sistem Doğu Karadeniz bölgesine özgü olup 17. ve 18. yy. arasında üretilen evlerle 19 yy. da üretilen evler aynı yapı karakterine sahip olmuşlardır. Buna sebep olarak bu yörenin İstanbul’dan uzak olması ve etkilenmemesi gösterilmektedir (Eldem, 1987). Tüm yapı yükünü temel duvarlarına ileten taşıyıcı elemanlarının düşey olarak kullanılma prensibine göre oluşturulmaktadır. Çatma yapı strüktürü, dolgu tekniğine göre, üç şekilde kurulmuş olup blok ahşap dolgulu, göz dolma ve muskalı dolma olarak Şekil 17’de tanımlanmıştır. Boşluklar taşıyıcı sisteme yardımcı olacak şekilde doldurulmaktadır (Sözen ve Eruzun, 1992). Blok ahşap dolgu, tahtaların yatay konumda üst üste dizilmesiyle elde edilmiş, bina yüzeylerinin oluşması için dolguların ana taşıyıcılarla birlikte inşa edilmeleri gerekliliğini ortaya koymuştur. Göz dolma taşıyıcı sistemi, yatay ve düşey ahşap bağlantıların düz bir şekilde yapıldığı ve aralarının küçük kesitli parçalarla bölündüğü bir yapı sistemidir. Bu bağlantılarla oluşturulan sistem, geçme tekniği olarak adlandırılmaktadır. Göz dolma ile yapılan konutlarda taş duvar zeminden itibaren yaşam katında devam etmektedir. Göz dolma tipi evler genellikle Sürmene-Hopa arasındaki kıyıya yakın

bölgelerde görülmektedir (Eruzun 1997). Muskalı dolma, taşıyıcı sistemin çapraz parçalarla bağlantılandığı ve küçük üçgenlerden oluşan bir yapı kurulumudur. Bu sistem, göz dolma ile benzer bir kuruluşa sahiptir, ancak geçme tekniği yerine metal tespit elemanları kullanılmıştır Trabzon-Rize arasında bu tarz ev örneklerine sıklıkla rastlanmaktadır (Özgüner, 1970).

Ahşap iskelet dolma (hımış) evlerin inşasında geniş çapta direk ve kiriş malzemesinin bulunması, evlerin masif bir çatki sistemiyle inşa edilmesini mümkün kılmıştır. Kiriş ve sütun başları, ağacın doğal yapısını koruyacak şekilde sadece işlenmiştir. Evler genellikle sağlam ve yüksek bir zemin kata yerleştirilmiş, üst kat duvarları dolmalıdır. Duvarların iç yüzeyleri bağdadi veya tahta kaplama, dış yüzeyler ise sıvalı veya sıvasız tahta kaplama şeklinde olmaktadır (Eldem, 1987).



Kırmataş dolguyla göz dolma tekniği



Bloktaş dolguyla göz dolma tekniği



Parça bloktaş dolguyla göz dolma



Kırmataş dolguyla muskallı dolma

Şekil 17. Geleneksel konutlarda dolma duvar modelleri (Sümerkan, 1990).

1.10.3. Karma Yapı Sistemi

Farklı yapı sistemlerinin bir arada kullanıldığı karma yapı sistemine Doğu Karadeniz’de sıkça rastlanmaktadır. Yapıların temel veya bodrum duvarları kagir (taş) yığmadan oluşmakta iken üst katta ahşap yığma veya ahşap karkas sistem kullanılmıştır (Eruzun, 1997). Doğu Karadeniz’de yapıların çoğunun bu şekilde olduğu görülmektedir. En

yaygın yapı sistemi örneklerinden serenderler ahşap yığma ve karkas sistemin beraber kullanıldığı ahşap yapı örneklerindendir (Şekil 18). Serender, serin, havadar yer anlamına gelmektedir. Çeşitli gıda maddelerinin saklandığı serenderler depo görevi görmektedir. Bu yapılarda, konutlarda görünen sistemin aksine alt kat payandalı direklerle karkas olup üst kat ahşap yığmadan oluşmaktadır. Yapıların dış duvarlarının yapımında hangi sistemden faydalanılmış olursa olsun iç duvarlar, döşemeler ve tavanlarda ahşap kullanılmıştır (Sözen ve Eruzun, 1992).



Şekil 18. Karma yapı sistemine örnek serenderler (Felek, 2020)

1.11. Ahşap Evlerin Yapısal Bölümleri

Ahşap karkas konut, birimlerin bir araya gelmesiyle oluşan, sistemsel bütünlük (strüktürel sistem) sunan, farklı yapı malzeme ve tekniklerin bir arada kullanımı ile oluşmaktadır. Ahşap karkas konutun oluşmasını sağlayan çatı, duvarlar, temeller, döşemeler, kapı, merdiven ve pencereler olmak üzere yedi başlık halinde açıklanmıştır (Şahin, 1995).

1.11.1. Temeller

Yığma yapı temelleri, taşıyıcı iskeleti ahşap olan yapıların temellerinde kullanılmaktadır (Türkçü, 2000). Yığma yapılarda her türlü yükü toplayarak toprağa ileten taşıyıcı duvarlar bulunmaktadır. Taş, tuğla ve beton temel duvarlarında kullanılan yapı malzemeleri arasında gelmektedir (Yücesoy, 1998). Geleneksel Türk evlerinde yapı ne kadar büyük olsa da derin temellere sahip değildir. Ahşap yapıların kullanılan bölümleri genellikle doğal zemin üzerinden başlamakta, zemin katları boş veya genel ihtiyaçları karşılamaya

yönelik yapılandırılmıştır (Kafesçioğlu, 1955). Ahşap iskeletli yapıların temelleri iki grupta toplanmaktadır.

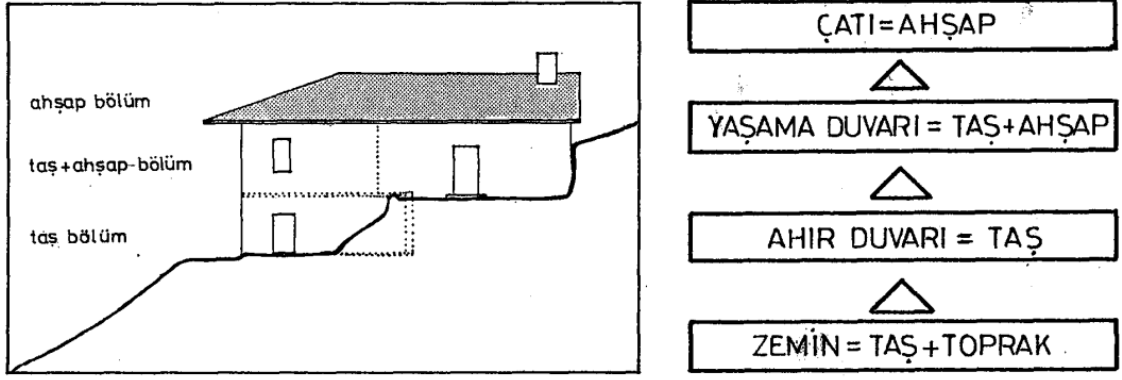
- **Kagir Temeller**

Kagir yapıların dış duvarları genellikle beton, tuğla veya metal levhalarla inşa edilirken, taban veya tavan malzemesi çoğunlukla ahşaptan oluşmaktadır. Bu yapıların temelleri genellikle taş veya kerpiçten oluşmakla birlikte yapıların taşıyıcı duvarları ahşap iskeletle birleştirilmektedir. Ahşap hatıllar, taş duvarların sonlandığı noktalarda ahşapla birleşerek duvarları yatay düzlemde bağlamakta bu da yapıya yan yüklere karşı ilaveten dayanıklılık kazandırmaktadır. Bu yöntem ayrıca, yerden yükselen rutubetin, ahşap iskeletli yapıların içinde kullanılan dolgu malzemelerine (örneğin kerpiç), ulaşmasını yavaşlatmaktadır.

- **Taş Temeller**

Genellikle toprak seviyesinden 25-30 cm yukarıda, yapıyı destekleyen ahşap dikmelerin yerine büyük taşlar konulur. Dikmeler arasındaki boşluklar ise kalın ahşap duvarlar veya taş, kerpiç gibi malzemelerle doldurulmaktadır. Dikmelere göre duvarlar, daha az yük taşıdıkları için derin ve sağlam temellere ihtiyaç duymamaktadırlar. Geleneksel ahşap yapılarda genellikle, dikme başlarının yerleştirildiği temelde, suyun sebep olacağı hasara karşı tedbir alınmaması ahşapta zamanla çürümeye ve yapının direncinde azalmaya sebep olabilmektedir. Ayrıca, dikme ve taşın arasına bağlantı elemanı konulmaması taşın bir yerinden oynaması durumunda ahşap dikmenin de yerinde oynaması yapıyı olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple son yıllarda temellerde kireç harçla örülmüş temel ayakların kullanımı, büyük taşlar yerine tercih edilmektedir (Kafesçioğlu,1955).

Bölgedeki havanın yüksek nemi nedeniyle taş; zeminin sulu ve nemli olması nedeniyle neme dayanıksız olan organik malzemeden oluşan yapıda geçiş malzemesi görevi görmüştür (Sümerkan, 1990). Genellikle ahşap yapılarda yaşama alanını ahır ve depodan ayıran veya zeminden ayıran duvarlarda malzeme olarak taş kullanılmıştır (Şekil 19).



Şekil 19. Malzemenin yapı katlarına göre dağılımını gösteren şekil (Sümerkan,1990)

1.11.2. Duvarlar

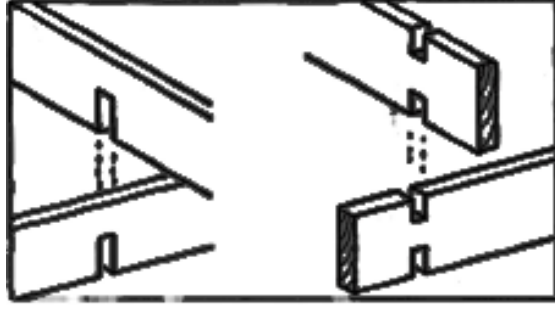
Ahşap duvarlar ahşap yığma duvarlar ve ahşap karkas dolgu olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

- Ahşap Yığma Duvarlar

Geleneksel Türk evlerinde ahşap yığma duvarlar sıkça tercih edilen bir duvar tipidir. Bunun sebepleri arasında ağaç malzemenin o dönemde kolay bulunması, işlenmesinin kolay olması ve ek malzeme ihtiyacını azaltması gibi faktörler yer almaktadır (Sözen & Eruzun, 1992). Yığma duvar yapılarında yapının taşıyıcılığını duvarlar sağlamaktadır.

Ahşap yığma duvarlar, dikmelerin kullanılmadığı durumlarda kullanılan duvarlar olmakla beraber ahşap kütüklerin yatay olarak üst üste konulmasıyla oluşturulmaktadır (Günsoy, 1961). Bu tür duvarların yapılar içinde iki türü bulunmakta bunlardan ilki, yuvarlak ağaçlarla inşa edilen basit yığma duvarlardır. Bu duvarlar genellikle orman köylerinde, özellikle tali yapılar ve ahşap iskeletli iki katlı evlerin alt katlarında tercih edilmektedir. Ahşap yığma duvar ise diğer türü olmaktadır.

Geleneksel konutlar, toplumun kimliğini yansıtmaktadır. Ahşap yığma duvar tekniği olan kurtboğaz tekniği (Şekil 20), Doğu Karadeniz Bölgesinin coğrafi koşullarına uygun yapım tekniklerinin bir ürünü olarak ortaya çıkmıştır. Bölgedeki geleneksel konutların yapımında bu teknikten faydalanılmıştır (Sözen & Eruzun, 1992).



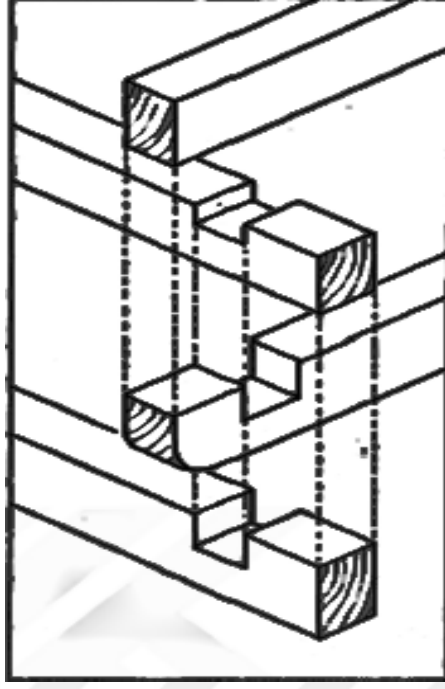
Şekil 20. Ahşap yığma duvarda (Kurtboğaz tekniği) geçme modeli (Sümerkan, 1990)

1.11.3. Ahşap Karkas Dolgu

Ahşap yığma sisteminden farklı olarak, tüm yapı yükünü temel duvarlarına ileten taşıyıcı elemanları düşey olarak kullanılmaktadır (Günsoy,1961). Tüm ahşap iskelet sistemler ya yığma yapı temellerine ya da bir bodrum katının taşıyıcı duvarlarına dayanarak oturtulmaktadır. Ahşap karkas sistemi oluşturan elemanlar yapının ana taşıyıcısı olarak görev yapmaktadır (Yücesoy,1998)

1.11.4. Döşemeler

Ahşap döşemeler, genellikle taşıyıcı nitelikteki ahşap kirişlerin duvarlar üzerine 50-60 cm aralıklarla yerleştirilmesi ve üst kısmına döşeme kaplamasının, alt kısmına gerektiğinde tavan kaplamasının çakılmasıyla oluşturulmaktadır (Toydemir vd., 2000). Bu tür döşemeler, ahşap kirişlerin (Şekil 21) üzerine ek bir ahşap kaplama yapılarak veya bu kaplamanın üzerine ahşap parke eklenerek inşa edilmektedir. Ahşap kirişlerin boyutları, taşıyacakları yükün büyüklüğüne göre genellikle 1/2 oranında ayarlanmaktadır (Yücesoy, 1998). Kirişler, dar açıklıkları geçecek şekilde taşıyıcı duvarlara veya diğer kirişlere mükemmel bir uyumla yerleştirilmesi gerekmektedir.

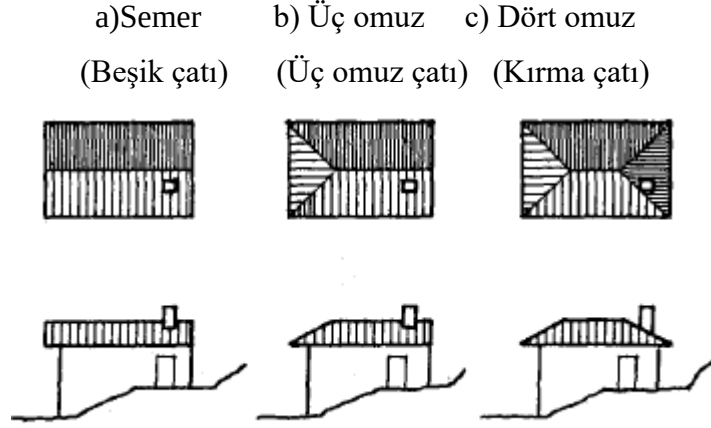


Şekil 21. Taban kirişlerindeki köşe birleşim açılımı (Sümerkan,1990)

1.11.5. Çatılar

Bölgedeki çatılar, doğal etkenlere, inşaat malzemelerine ve yapının tasarımına bağlı olarak farklı formlara olabilmektedir. Bir binayı yukarıdan gelebilecek dış etkenlerden koruyan çatılar, işlevselliğin yanı sıra binanın genel görünümünü de şekillendiren önemli yapı elemanları arasında yer almaktadır. Özellikle bölgeye özgü geleneksel yapılar, çatı ve saçak düzenlemelerini, yerel ihtiyaçlara uygun bir şekilde tasarlamıştır. İklimsel etkenlere karşı (yağmur, rüzgâr, kar) bina korumasını sağlayan çatı kaplamaları ve bu kaplamaların uzantıları, çeşitli şekillerde kullanılmıştır (Akdemir & Korkmaz, 2010). Çatılar sudan arınım özelliklerine göre semer, iki yöne eğimli; üç omuz, üç yöne eğimli; dört omuz, dört yöne eğimli olarak adlandırılmaktadır (Şekil 22).

Geleneksel ahşap yapılarında, çatıya gelen yükler önce döşeme kirişlerine iletilmekte ve ardından yapıyı taşıyan ana dikmelere aktarılmaktadır. Bu çatılar genellikle eğimli olarak tasarlanmaktadır. Bu sayede yağmur suyu belirli bir noktada toplanmakta ve dışarı atılmaktadır.



Şekil 22. Çatı modelleri (Sümerkan, 1990).

1.11.6. Ahşap Kapılar

Dış kapılar, hizmet edeceği yapının amacına göre farklı şekillerde tasarlanmaktadır. Yapının dış ortamla bağlantısını sağlamaktadır. Dış kapılar dış etkenlere maruz kaldığı için dayanıklı olmalı ve yağmur, kar, güneş gibi unsurlara karşı korunması gerekmektedir. Bu nedenle, pencerelere göre daha derin bir girintiye yerleştirilmektedir (Binan, 1995b).

Geleneksel ahşap yapılarda, dış kapılar genellikle rüzgâr ve yağmurdan korunacak şekilde saçak altında veya çıkma altında konumlandırılmaktadır. Ahşap kapılar sürekli dış ortam koşullarına maruz kaldığından, ağaç malzemenin yapıya montajından önce iyice kurutulması ve boyanması gerekmektedir. Bu önlemler, rutubet oranına bağlı olarak oluşabilecek genişleme/daralma ve deformasyonları engellemektedir. İç kapılarda ise, doğramanın yapının inşası anında %8-12 rutubet oranına sahip olması ve iç ortamdan kaynaklanan rutubete karşı korunması gerekmektedir (Binan, 1995b).

1.11.7. Pencereler

Pencereler, iç mekâna gün ışığı ve temiz hava girişini sağlayan, iç ortam ile dış ortam arasında bağlantı kuran yapı elemanları arasında gelmektedir. Ayrıca, pencereler yapıyı sıcaklık değişimleri, yağmur, güneş ışınları gibi atmosferik olaylara karşı koruma amacıyla da önemli bir işlevi yerine getirmektedir. Ahşap pencereler, iyi korunduğunda biyotik ve abiyotik faktörlere karşı dayanıklılık gösteren ağaç malzemenin olumlu özelliklerinden dolayı uzun süreli kullanım sağlayabilen yapı elemanlarıdır. Ahşap, işlenmesi açısından

uygun bir malzeme olduğundan pencere yapımında tercih edilmektedir (Binan, 1995a). Geleneksel ahşap yapılarında genellikle tek camlı pencereler kullanılmaktadır.

1.11.8. Merdivenler

Merdivenler, farklı seviyeler arasında bağlantıyı sağlamaktadır. Bu sayede insanların bir kattan diğer kata taşınmasını ve yapı içerisinde iletişimi mümkün kılmaktadır (Sarı, 1974). Ahşap merdivenlerde basamak ve taşıyıcı kısımları ile basamaklar arası dik yüzey (rıht), ahşaptan oluşmaktadır. Ahşap merdivenler genellikle yangın riskinin düşük olduğu 1-2 katlı yapılarda, mağazalarda, bürolarda ve prefabrik yapılar gibi alanlarda tercihen kullanılmaktadır (Güngör, 1961).

1.12. Rize İli Ahşap Evlerinin Yapısal Oluşumunda Etkili Faktörler

Rize, Doğu Karadeniz Bölümü'nün doğusunda, Karadeniz'in kıyısında, Rize Dağları'nın kuzeyinde konumlanmaktadır. Coğrafi konumu bakımından, ülkemizin Kuzeydoğu Anadolu Bölgesinde bulunmakta olup 40°- 22' ile 41°- 28' doğu meridyenleri arasında ve 40°-20' ile 41°-20' kuzey paralelleri arasında bulunmaktadır. Göller dışında, yüzölçümü 3920 km² olan ve batıda Trabzon'un Of ilçesi, güneyde Erzurum'un İspir ilçesi, doğuda Artvin'in Yusufeli ve Arhavi ilçeleri ve kuzeyde Karadeniz ile çevrilmiştir. Son yıllarda, kıyı boyunca hızlı kentleşme yaşanmış olduğundan, bu durum yerleşkelerin güneydeki tepelik alanlara doğru genişlemesine neden olmaktadır (URL-2).

Ahşap yapı sistemleri ve yapıyı etkileyen etkenler arasında yörenin konumu, yer şekilleri, iklimi, bitki örtüsü ve halkın sosyo-ekonomik durumu yer almaktadır.

1.12.1. Topografya

Rize, güneyden yüksekliği 3000 m'ye kadar çıkan Rize Dağları ile çevrilmiş olup yükseklikleri 2000 m'yi aşan ve 3600 m'ye kadar ulaşan sıradağlarla çevrilmiştir. Arazinin yapısı meyillidir. Rize güneyinde dağların uzanış yönü (Doğu-Batı doğrultusunda) bakı şartlarının etkisini artırmaktadır.

Bu bölgenin kıyı şeridinde deniz seviyesinden 10 km'ye kadar olan bölümde akarsuların taşıdığı alüvyonlarla oluşan düzlükler bulunmaktadır (URL, 2). Rize kıyılarının yükseltisi fazla olmakla birlikte yer yer falezlere ve taraçalara rastlanmaktadır. Kıyı şeridinin

görünümü sade olmakla birlikte kıyıdan itibaren 150-200 m'yi bulan tepeler yükselmektedir. Bu tepelerin ardından akarsular dar ve derin vadiler oluşturarak akmakta olup Karadeniz'e dökülmektedir (URL, 3).

1.12.2. İklim ve Bitki Örtüsü

Rize, Karadeniz'in hemen kıyısında yer aldığı için denizden gelen nemli hava kütlelerinin dağları yükseltmesi nedeniyle yoğun yağış almaktadır. Bu coğrafi özellikleri nedeniyle Rize'nin iklimi, tipik Karadeniz kıyı kuşağı ikliminden farklılık göstermektedir. Şehrin güneyinden gelen dağlar, Doğu-Batı doğrultusunda uzandığı için özellikle Doğu Karadeniz Dağları'nın kuzey yamaçlarında sıcaklık istikrar göstermektedir. Bu durum yağış miktarını artırmaktadır. Yerel farklılıklar bölge genelinde yağış miktarını etki etmektedir.

Kuzey yamaçlarda, kuzeybatı tarafındaki yamaçlar genellikle kuzeydoğu yamaçlarına göre daha fazla yağış almaktadır (Erinç, 1996; Koçman, 1993). Özellikle Rize ve çevresindeki dağların genellikle kuzeydoğu doğrultusunda uzanması bu bölgede daha fazla yağış almasının nedeni olarak belirtilmektedir (Polat & Sunkar, 2013).

Rize'deki hâkim rüzgâr yönünün güneybatı olmasının nedeni, bölgenin güneyden kıyıya doğru esen rüzgarlarla, Karadeniz üzerinden gelen hava akımlarına maruz kalmasından kaynaklanmaktadır. Rize'de kış mevsiminde görülen fön rüzgarları kış sıcaklıklarını yükseltici bir etken olmaktadır. Bu iklim koşulları, sıcaklık, yağış ve güneşlenme süresi açısından sisli ve bulutlu günlerin sıkça yaşandığı bir ortamı işaret etmektedir, bu durum buharlaşmanın düşük olduğu anlamına gelmektedir. Bu nedenle Rize'de toprak sürekli nemli ve zengin bitki örtüsüne sahiptir. Bu özellikler Rize'de çok nemli ılıman iklim şartlarının hâkim olduğunu göstermektedir (Polat ve Sunkar, 2017).

Türkiye'nin en çok yağış alan ili olan Rize'de yıllık toplam yağış miktarı 2300 mm'nin üzerinde olup, yağışlar her mevsimde dengeli dağılım göstermektedir. Bu durum Rize'de kurak mevsimin olmasını engellemektedir. En az yağış alan ilkbaharın toplam yağış miktarı 367,9 mm olmakla birlikte bu değer kuraklık sınırının çok üzerinde bir değeri teşkil etmektedir. Yağışların aylara göre dağılım verileri (Tablo 6) Rize'de, yıllık ortalama yağışın 2302 mm civarında gerçekleştiği, yağışların sonbahar mevsiminde ise en yüksek değere ulaştığını göstermektedir. Rize'nin mevsimlere göre yağış ve sıcaklık tablosunda ortalama yıllık sıcaklık 14,5 °C olduğu sene içinde, en yüksek sıcaklık değeri 23,3 °C ile Ağustos ayında elde edilmektedir.

Rize	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1928-2022)													
Ort sıcaklık (°C)	6,8	6,8	8,1	11,7	16,0	20,3	22,9	23,3	20,3	16,4	12,3	8,8	14,5
Ort en yüksek sıcaklık (°C)	10,7	10,8	11,9	15,4	19,4	23,6	26,0	26,5	24,0	20,4	16,5	12,9	18,2
Ort.en düşük sıcaklık (°C)	3,8	3,7	4,9	8,4	12,7	16,7	19,6	20,1	16,9	13,1	9,1	5,7	11,2
Ort. güneşlenme süresi (saat)	2,2	3,1	3,6	4,6	5,7	6,6	5,4	5,2	5,0	4,2	3,0	2,2	4,2
Ort. Yağışlı gün sayısı	14,7	14,2	15,7	14,5	14,2	14,0	13,6	14,2	14,6 2	14,8 2	13,5 5	14,1 4	172,6
Aylık toplam yağış miktarı ort (mm)	232,6	185,7	161,6	95,4	96,5	184,2	150,7	196,0	258,2	294,5	268,2	243,2	2302,0

Tablo 6. Rize’de yağışların aylara göre dağılım verileri
(Kaynak: URL, 1)

Rize’de nem oranı genellikle %75’in üzerinde olup mevsimlere göre değişmektedir. Yılın 150 günü kapalı, 163 günü bulutlu geçmekte bu durum güneşli gün sayısını ve Rize’de güneş enerjisinden yararlanma imkanını azaltmaktadır.

Rize, dengeli bir sıcaklık rejimine sahip olması ve her mevsim bol yağış alması nedeniyle yoğun ve gür doğal bitki örtüsü görülmektedir. Vadilerin yamaçlarını kaplayan ormanlar Karadeniz kıyısında paralel şeritler halinde uzanmaktadır. Karışık orman örtüsü yaklaşık 800-1400 m yükseklikler arasında yer alan bir bölgede bulunmaktadır. Bu bölgede yaygın türler arasında sakallı kızılgağaç, kayın, kestane, gürgen gibi yapraklı ağaçlar ile ladin ve çam gibi iğne yapraklı ağaçlar yer almaktadır. Yüksekliğin daha da artmasıyla 1600m ‘den sonra iğne yapraklı türler (ladin, göknar, karaçam) hâkim olmakta ve 2000-2200m’ye kadar görülebilmektedir. Bu yükseltiden sonra ormanlar yerini alp çayırlarına bırakmaktadır (URL, 2). Genellikle kestane, ardıç, ladin, karaağaç ve ceviz ağacı kerestesi kullanılmasına rağmen, son yıllarda azalan orman varlığı nedeniyle ladin türü dışındakilerin kullanımı oldukça azalmıştır.

1.12.3. Sosyo-Kültürel ve Ekonomik Yapı

Karadeniz'in yüksek dağları, dik yamaçlı vadileri, bol yağışlı ve hafif iklimi ile zengin bitki örtüsü, bölgedeki yerleşim biçimi ve mimariye de yansımıştır. Doğu Karadeniz'deki iç kesimlerdeki yerleşimler, kıyı kesimindeki gibi dağınık değildir; ancak köyler genellikle birbirine çok yakın evlerden oluşmaktadır. Doğu Karadeniz evlerinde yön ve manzaraya yönelme ilkesine uyulmuştur. Karadeniz ikliminin yağışları nedeniyle, kuzey ve kuzey-batı yönleri tercih edilmemektedir. Ancak manzaraya yönelik tercihler nedeniyle evlerin oturma odaları, köşk odaları ve yatak odaları genellikle kuzeye bakan tarafta yer almaktadır. İklim açısından, önem sırasına göre doğu, güney ve batı yönleri tercih edilip, kullanılmaktadır (Sözen & Eruzun, 1992). Doğal çevrenin yerleşme biçiminde etkisi büyük olmuştur. Ekonomik yapı ise evlerin eklentilerinin ortaya çıkışında rol oynamıştır. Sosyal yapı da farklı plan tiplerinin oluşumunda kendini göstermiştir. Ağaç malzeme yalnızca konstrüksiyonda kullanılmayıp, seki, yüklük, tavan, döşeme gibi çeşitli iç yapı elemanlarında değerlendirilmiştir.

1.13. Literatür Özeti

Tarihi ahşap yapılarda tahribat ve kusurların kapsamlı bir şekilde tespit edildiği çalışmalara literatürde az rastlanmaktadır. Bu bağlamda yapılan çalışmalarda daha çok bir ya da birkaç özelliğin incelendiği görülmektedir. Aynı zamanda bu çalışmaların nicelik olarak son yıllarda arttığı tespit edilmiştir.

Ceraldi vd. (2001), yaptıkları çalışmada tarihi ağaç malzemelerin direnç ve yoğunluklarının rezistograf ölçümleriyle ilişkisini araştırmıştır. Bu amaçla ağaç kurdu tahribatına uğrayan ağaç malzemedeki tahribatsız testlerin uygulanabilirliğine bakılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre ağaç malzemenin mekanik özelliklerinin tespiti üzerinde rezistograf ölçümleriyle elde edilen bulguların doğrudan ilişkili ($R^2=0,66$) olduğunu tespit etmişlerdir.

Cai vd. (2003), eski ahşap yapılardan temin ettikleri numunelerin yoğunluğunu tespit etmek amacıyla numunelere vida tutma direnci testine tabi tutmuşlardır. Elde edilen test sonuçları, vida tutma direnci ile yoğunluk arasında iyi derecede korelasyon ilişkisi olduğunu göstermiştir. Temin edilen kirişler üzerinde yapılan vida tutma direnci testinin sonucu, statik elastikiyet modülü ile tahmini yoğunluğa dayalı olarak hesaplanan dinamik elastikiyet modülü arasında da iyi bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Lourenço vd. (2007), tahribatlı ve tahribatsız yöntemler kullanarak kestane numunelerine basınç testi uygulamış ve teste maruz kalan numuneler üzerinde değerlendirme yapmışlardır. Çalışmaları kapsamında tahribatsız test cihazları (ultrasonik test, rezistograf ve pilodin) kullanmış olup basit doğrusal regresyon modellerinin uygulanmasına dayalı olarak bunların uygulanma olasılığını tartışmışlardır. Yapısal anlamda hiç kullanılmamış olan yeni kestane ağacı ve eski binalara ait yapısal elemanlardan elde edilen eski kestane numuneleri kullanmışlardır. Numuneleri ayrıca yıllık halkalarının yük ve dalga yayılma yönüne göre dört gruba ayırmışlardır. Ultrasonik test, rezistograf ve pilodin kullanımıyla yapılan tahribatsız testlerin sonuçlarına göre basınç direnci ve yoğunluk arasındaki korelasyona dair olumlu sonuçlar elde etmişlerdir.

Duan vd. (2007a), çalışmalarında Tibet'teki ahşap yapılarda çürüklük ve böcek istilasına uğrayan kavak ve karaçam odun örneklerindeki kusur ve tahribatı stres dalga ölçerle belirlemişlerdir. Tahribatsız test sonuçları ile görsel sınıflandırma sonuçlarını kıyasladıklarında sonuçların neredeyse tutarlı olduğunu bildirmişlerdir.

Duan vd. (2007b), tarihi ahşap odun numunelerinin elastikiyet modülünü stres dalga yöntemi ile araştırmış, stres dalga hızıyla elastikiyet modülü arasında ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Madhoushi vd. (2008), turistik bir bölge olan Gorgan şehrinin (İran'ın kuzeyi) önemli yapılarından biri olan Bagheri Evindeki çürümüş ahşap elemanların mekanik özellikleri laboratuvar testlerinde ölçülmüş ve diğer taraftan ahşap yapının durumu tahribatsız testlerle değerlendirilmiştir. Ahşap yapıdan tüm yapıyı temsil eden numuneler hazırlanmıştır. Daha sonra bu numuneler üzerinde eğilme ve basınç direncini belirlemek amacıyla testler yapmışlardır. Numuneler üzerinde yapılan tahribatsız testlerden elde edilen sonuçları, ahşap yapı üzerinde yapılan tahribatsız testlerle ilişkilendirmişlerdir. Mekanik teste tabi tutulan eski numunelerin %36'sının kabul edilebilir iyi durumda denilebilecek bir mekanik dayanım gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Palaia vd. (2008), ahşap yapı elemanlarının özellikleri hakkında eski yapılarda toplanan veriler üzerinden eski ahşap yapıları değerlendirmişlerdir. Çalışmada probleme yönelik doğru karar verebilmek için sadece malzeme ya da münferit ahşap eleman değil, tüm yapının incelenmesi gerekliliğini ortaya koymuşlardır. Ahşap yapıdan elde edilen analiz sonuçları, tahribatsız yöntemlerin ağaç malzemenin direnç ölçümünde kullanımının güvenilir ve mümkün olduğunu göstermiştir. Görsel incelemenin, başka herhangi bir inceleme yöntemi ile ikame edilemeyeceğini tespit etmişlerdir. Eğilme direnci, elastikiyet

modülü ve lifler yönünde ultrasonik ölçümler arasında korelasyonlar elde edilmiştir. Önceki araştırmalardan elde edilen sonuçların (mikro delme ortalama/maks değerleri) çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olduğunu belirtmişlerdir.

Ünal vd. (2009), Kastamonu’nda tarihi binalara zarar veren böcekleri tespit etmişlerdir. Tarihi ahşap yapılardan 15 tanesi 2002-2005 yılları arasında periyodik olarak kontrol edilmiştir. Bu periyodik kontroller sırasında böceklerin neden olduğu hasarlar tespit edilmiş ve ayrıca tahribatlı ağaç malzemelerden ölü ve canlı böcekler toplanmıştır. Kontrollerinin sonuçlarında 4 familyadan 7 böcek türünün tahribata neden olduğunu bildirmişlerdir.

Kudde ve Aksoy (2009), İstanbul’da pilot bölge olarak seçtikleri Süleymaniye çevresinde bulunan ahşap bir konutta koruma ve onarma çalışmalarına yönelik araştırma yapmışlardır. Ahşap yapıda hasar tespiti görsel değerlendirmeye yapılmış olup ağaç malzemenin bünyesine zarar vererek bozulmasına neden olan faktörleri (mantar, böcek, mekanik bozulma) tümüyle tespit etmişlerdir. Tahribatlı bölgelere müdahale ve koruma önerilerini belirlemek amacıyla görsel incelemeler yapılmış, numunelerin ağaç türü teşhis edilmiştir.

Calderoni vd. (2010), tarihi kestane kirişlerinin tahribatsız test sonuçları ile tahribatlı testlerden elde edilen mekanik performansa ait sonuçlar arasında bir korelasyon belirlemek amacıyla rezistografik testlere dayalı geniş bir çalışma yürütmüşlerdir. Rezistograf cihazıyla elde ettikleri test sonuçları ile basınç direnci arasında sayısal bir formülasyon elde etmişlerdir. Buna ek olarak, yerinde uygulanan tahribatsız testler yalnızca yıllık halkalara dik yönde gerçekleştirilebildiğinden, liflere paralel ve dik uygulanan nihai basınç deneyi sonuçları arasında bir korelasyon elde edilmiştir. Önerilen prosedürleri doğrulamak için, yeni ladin keresteleri üzerinde de bir dizi benzer test gerçekleştirmişlerdir.

İBB-KUDEB (2010), tarafından yapılan araştırma kapsamında İstanbul’da Defterdar İbrahim Paşa Camisi’nden alınan ahşap örneklerinin makroskobik ve mikroskobik tür teşhisi yapılmıştır. Mikroskobik teşhis sonucunda göknar, sarıçam, ıhlamur ve meşe cinsi ağaç türü kullanıldığı tespit edilmiştir. Ağaç malzemelerde mantar ve böcek tahribatı tespit edilmiştir. Döşeme ahşaplarının, böcek galerileri ve uçma delikleri nedeniyle yer yer tahrip olduğu belirlenmiştir. Caminin, genel durumu itibarıyla son derece zarar görmüş olduğu ve ağaç malzemelerin büyük ölçüde yenilenmesi gerektiği, yapının iskeletinde sağlıklı bir teşhiste bulunabilmek amacıyla; bozulan ve özelliğini kaybeden kısımlar ile sağlam kısımların tespitinin yapılması gerekli olduğu görülmüştür. Malzemenin çürüyerek sağlamlığını

yitirdiği yerlerde, özgün dokuyu koruma amacıyla ahşap elemanların aynı cinsteki malzeme ile değiştirilmesinin gerekliliği belirtilmiştir.

Göçmen (2010), Doğu Karadeniz Artvin Balıklı yerleşkesindeki Zurabet Evinde yaptığı araştırma sonucunda aldığı örneklerde rutubet, mantar ve böcek tahribatı tespit etmiştir. Dış hava etkisine bağlı olarak cephede meydana gelen renk değişimi, çatlakların olduğu niteliksiz malzeme ile malzeme kaybı, korozyon ve aşınmaya dair bulgular elde etmiştir. Malzemeyi koruma ve sağlamlaştırma üzerine koruma önerilerinde bulunmuştur.

Houjiang vd. (2011), tarihi ahşap yapıyı yerinde tahribatsız testlere tabi tutmuşlardır. Tarihi ağaç malzemelerin mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi üzerine bazı temel çalışmalar yapmışlardır. Bunun için, Çin'deki Zhengjue Yuanmingyuan Tapınağı'nın (Eski Yaz Sarayı) davul kulesinden temin ettikleri 4 adet *Larix* (*Larix principis-rupprechtii* Mayr.) numunesinin stres dalga iletim sürelerini, delme direncini (rezistograf) ve yoğunluklarını belirlemişlerdir. Rezistograf ve stres dalgası hızının karesinin çarpımı stres-rezistograf modülü olarak tanımlanmıştır. Geleneksel eğilme testi yöntemiyle test edilen numunelerin elastikiyet modülü (MOE) ile karşılaştırıldığında, stres-rezistograf modülü ile elastikiyet modülü (MOE) arasında doğrusal bir ilişki olduğu ve korelasyon katsayılarının 0,71 olduğunu bulmuşlardır. Yoğunluk ve rezistografin korelasyon katsayı değerinin 0,66 olduğunu tespit etmişlerdir.

Faggiano vd. (2011), tahribatsız muayene teknikleri kullanarak eski ahşap elemanların yerinde mekanik karakterizasyonunu belirlemek amacıyla deneysel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma tahribatsız ve tahribatlı testleri içermiş olup, eski kestane ağacından (*Castanea sativa* Mill.) yapılmış ahşap yapı numuneleri ve hatasız numuneler (kontrol) üzerinde yapılan deneyleri kapsamaktadır. Araştırma faaliyetinde ahşap rutubet içeriğini tahmin etmek için higrometrik testler; stres dalgası özelliklerini belirlemek için ultrasonik testler; iç kısımlardaki kusurları ve yoğunluk değişimlerini tespit etmek için rezistografik test yöntemleri kullanmışlardır. Ahşap elemanların sertlik ve mukavemet özelliklerini, eğilme sonrası davranışlarını değerlendirmek için ahşabı tahribatlı basınç ve eğilme direnci testlerine tabi tutmuşlardır. Deneysel sonuçlar tartışılmış ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Test edilen eski kestane numunesinin ahşap yoğunluğu, mukavemeti ve elastikiyet modülünün tahmini için doğrusal regresyon modellerine dayalı olarak tahribatsız ve tahribatlı parametreler arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Ultrasonik testlerle elde edilen dinamik elastikiyet modülünün, eğilmedeki direnci değerlendirmek için kullanılabilir olduğu belirlenmiştir ($R^2=0,76$).

Lee vd. (2011), çalışmalarında Kore’de tarihi ahşap bir binadaki ahşap kirişin bozulma durumunu belirlemek amacıyla ultrasonik tahribatsız test uygulamışlardır. Bozulma faktörleri olarak, matkap delikleri olan numunelerin ağırlık kaybı ve kopma noktası ölçülmüştür. Numuneye yayılan ultrasonik enerjileri dikkate almak için, zaman ve frekans alanlarında numuneden alınan ultrasonik sinyalin genlik ve büyüklük alanları hesaplanmıştır. Numune ağırlığının değişmesiyle alınan ultrasonik sinyalin dalga formunda ve kırılma noktasında aşamalı değişiklikler meydana gelmiştir. Alınan ultrasonik sinyalin genlik alanı ve büyüklük alanı, numunenin ağırlık kaybının artmasıyla doğrusal olarak azalmış, ancak numunenin kopma noktasının artmasıyla logaritmik olarak artmıştır. Ahşap numunenin ağırlık kaybı ile genlik ve büyüklük alanları arasındaki doğrusal ilişki için korelasyon katsayıları sırasıyla 0,98 ve 0,98 belirlenmiştir. Numunenin kopma noktası ile genlik ve büyüklük alanları arasındaki logaritmik ilişki için korelasyon katsayıları sırasıyla 0,96 ve 0,93 olarak belirlenmiştir. Ahşap numunedeki yapay bozulma ile ultrasonik parametreler arasındaki ilişkiyi tanımlayan regresyon modelleri önerilmiş ve yöntemin ahşap kiriş bozulmalarını değerlendirmek için güvenilir olduğunu rapor etmişlerdir.

Björddal (2012), suyla doymuş odun örneklerinde mikrobiyal degradasyonunu araştırmıştır. Odunu çürüten mikroorganizmalar hakkında edinilen bilginin, kültürel ahşap mirasın konservasyon metotları ve yerinde koruma uygulamalarının geliştirilmesi bakımından önemli olduğunu vurgulamıştır.

Morales-Conde vd. (2013), koruma altındaki bir ahşap yapıya ait çatının incelenmesinde, tahribatsız test teknikleriyle (termografi, ultrason ve delme) ağaç malzemelerin bozulma derecesini, yoğunluk kaybını ve kusurlarını tespit etmişlerdir. Tahribatsız tekniklerin birlikte kullanımının, ahşap yapıların yerinde incelenmesi ve durumlarının değerlendirilmesi hususunda doğru bir değerlendirme olacağını bu sebeple de rutubet içeriğinin ayırt edilmesinde termografi, ağaç malzemenin yüksek rutubet içeriğine sahip bölgelerindeki yoğunluk kaybının tespitinde ultrason kullanmışlardır. Tahribatsız teknikler kullanılarak elde edilen mukavemet değerleri, görsel inceleme bulgularıyla karşılaştırılmıştır. Ahşap mukavemet sınıfının elde edilen yoğunluğa göre sınıflandırılmasının, diğer teknikler (ultrason) ve görsel inceleme ile tahsis edilenlerden daha yüksek değerlerin elde edilmesinde etkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Tahribatsız test tekniklerinin, ahşap yapı elemanlarının yalnızca tahribatlı bölgelerini değiştirerek ve analizi yapılan elemanların uygun mukavemet sınıfının doğru şekilde belirlenmesine ve malzemeyi daha iyi koruyacak müdahaleler gerçekleştirilmesinde etkili olacağını tespit etmişlerdir.

Anagnostopoulou vd. (2013), tarihi ahşap binaların korunma durumunu değerlendirebilecekleri görsel bir derecelendirme sistemi geliştirmek, uygulamak ve değerlendirmek amacıyla ultrason tekniği, rezistograf ve X-ray radyasyonu olmak üzere üç tahribatsız test yönteminden faydalanmıştır. Atina'da Bizans döneminden kalma bir konaktan alınan ve çeşitli tür ve derecelerde çürüme gösteren ahşap elemanlarında tahribatsız testler uygulanmıştır. Geliştirilen görsel derecelendirme yöntemi, uygulanan tahribatsız testlerle uyumlu bir korelasyon gösterdiğini belirtmiştir. Ultrasonik hızın numunenin rutubet içeriğinin azalmasıyla arttığı ve delme direncinin %70 bağıl nemdeki numunelerde %0 bağıl nemdeki numunelere göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ağaç malzemenin tahribatsız test sonuçlarının rutubet içeriğinin yanı sıra, budakların varlığından da etkilendiğini tespit etmişlerdir.

Calienzo vd. (2014), çalışmalarında dış hava koşullarına benzetilmiş yapay ortamda UV ışınına 0-506 saat aralığında maruz bırakılan kestane numunelerinde meydana gelen yüzey kimyasındaki değişimi FTIR analizi ile tespit etmiştir. Analiz sonucuna göre UV ışınlarına maruz kalan odun örneklerinde ligninin tahrip olduğunu ve odun yüzeyindeki kromofor gruplarındaki konsantrasyonun arttığını belirlemişlerdir.

Liñón vd. (2015), Isla Cristina kasabasında restore edilmeyi bekleyen kilise (Huelva eyaletinde, Güneybatı İspanya) üzerine tahribat sürecini belirlemek ve ahşap çatının bozulmasını analiz etmek amacıyla çalışma yapmışlardır. Saha çalışmasında, ahşap numunelerin görsel sınıflandırılmasını İspanyol standardı esaslarına göre yapmışlardır. Ardından yerinde termografi ve ultrason teknikleri kullanmıştır. Öncesinde tahribatsız test tekniklerine tabi tutulan ahşap numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini değerlendirmek üzere laboratuvar testlerine tabi tutmuştur. Ahşap numunelerin anatomik teşhisi yapılmış, yoğunluğu, eğilme direnci ve rutubet içeriği tespit edilmiştir. Ağaç malzemenin yüksek rutubet içeriği olan kısımlarda çeşitli bozulma derecelerini ve yoğunluk kayıplarının olduğunu belirlemişlerdir. Veriler doğrultusunda ultrason ve termografi tekniklerinin kullanımının, ahşap yapıların yerinde incelenmesi ve durumlarının değerlendirilmesi için doğru bir teşhis aracı olduğu sonucuna varmışlardır.

Gupta vd. (2015), çalışmalarında ağaç malzemenin bozulma derecesini belirlemek amacıyla ATR-FTIR spektroskopisi kullanmıştır. Bunun için koruyucu işleme tabi tutulmuş veya tutulmamış farklı ahşap türlerine ait numuneler, yapay hızlandırılmış ve açık hava iklim koşullarına maruz bırakılmıştır. Yüzey işleminin ağaç malzeme dayanıklılığını ve hava koşullarına karşı performansını artırdığını tespit etmişlerdir. Pürüzlü yüzeylerin

planyalanmış yüzeylere kıyasla bozulmaya karşı direnci azalttığı görülmüştür. İklim maruz kalma sırasında numune yüzeylerinde meydana gelen bozulmanın lignin ve selüloz kaybına sebep olduğunu belirlemişlerdir.

Madhoushi (2016), bu çalışmasında Gorgan'daki (İran kuzeyi) en önemli tarihi ahşap yapılardan biri olan Bagheri Evi'nin mekanik performansını değerlendirmiştir. Binadan temin edilen ahşap numunelerin anatomik tür teşhisleri yapılmış, seçilen eski yapı elemanlarının mekanik özellikleri belirlenmiş ve standart değerlerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca, uzman bir marangoz tarafından da görsel olarak incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları, ahşap binada birkaç yerli sert ağaç ve bir ithal yumuşak ağaç kullanıldığını ve eski yapı elemanlarının (~%36) çürümüş görünümlerine rağmen kabul edilebilir mekanik dayanım gösterdiğini ortaya koymuştur. Görsel incelemelerin ise tek başına yetersiz olduğu ve restorasyon işlemleri için güvenilir olmadığını belirtmiştir.

Kloiber vd. (2016), Çek Cumhuriyeti, Vranov nad Dyjí'deki Aziz Mary of the Assumption Kilisesi'ndeki Barok kafes kirişin yeniden inşası sırasında elde edilen yaklaşık 315 yıllık yedi göknar birleştirme kirişindeki hasarın belirlenmesi için seçilen akustik cihazların (Arborsonic Decay Detector, TD45 ve US10 iki farklı sensöre sahip Fakopp Ultrasonic Timer ve Fakopp 2D) uygunluğunu ve hassasiyetini değerlendirmişlerdir. Duvara kirişlerle bağlanan uçlara yakın olan ahşap göknar kirişlerdeki iç hasarlar akustik cihazlarla tespit edilmiştir. Tarihi ağaç malzemenin mukavemetinin, elastikiyetinin ve sertliğinin akustik yöntemle dolaylı olarak tahmin edilebilmesi korelasyon analizleriyle doğrulanmıştır. Kirişlerdeki akustik dalgaların hızı ile bu kirişlerden hazırlanan numunelerin yoğunluğu veya mekanik özellikleri arasındaki korelasyonların anlamlılık seviyelerini yüksek bulmamışlardır. Bu sebeple tarihi yapıların ahşap elemanlarındaki kusurların incelenmesi için yerinde akustik yöntemlere tam olarak güvenmenin mümkün olamayacağını vurgulamışlardır. Uygulanan tekniklerin görsel inceleme ve diğer bazı tahribatsız yöntemlerle birleştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Raposo vd. (2017), Portekiz'in Trás-os-Montes bölgesinde antik dönemde inşa edilmiş binaların bir örneği olan "Pousada Medieval da Gralheira" adlı yapılarda yaptıkları çalışmada miras sahiplerinin yapıları ihmal ettiklerini ve bunun da yapılarda belirgin bir bozulmaya yol açtığını, iyileştirme müdahalelerini zorlaştırdığını ifade etmişlerdir. Yapı korumanın mevcut durumunu değerlendirmek ve mekanik özelliklerini ortaya koymak için yaptıkları araştırmada rezistograf ve nem ölçerin kullanıldığı tahribatsız testler uygulamışlardır. Yapısal bazı ahşap döşeme kirişlerinin durumunu değerlendirmek amacıyla

geleneksel yöntemlerle (çekiç) ve rezistografla mekanik özellikleri belirlenmiştir. Rezistograf sonuçlarına göre ağaç malzemenin bazı yüzey ve iç bölgelerinde bozulma olduğunu tespit etmişlerdir. Kirişteki bozulmanın ahşapta bulunan mevcut rutubet içeriğinden kaynaklanabileceği şeklinde yorumlamışlardır.

Chen & Guo (2017), çalışmaları kapsamında *Abies fabri* (Mast.) Craib türüne ait tarihi ağaç malzemenin mekanik özelliklerini tahribatsız testler ve güvenilirlik analizine dayalı değerlendirmişlerdir. Ahşap numuneler üzerinde rezistograf ve stres dalgası testini içeren tahribatsız testler ve tahribatlı testler yapmışlardır. Sonuçlar, direnç genliği ile taze haldeki yoğunluk, dinamik elastikiyet modülü ($MOE_{dinamik}$) ve statik elastikiyet modülü (MOE), eğilme direnci (MOR) ve ahşap numunelerin nihai basınç direnci (UCS) arasında önemli doğrusal korelasyonlar olduğunu belirtmiştir. Güvenilirlik analizi sonuçları, güvenilirlik indeksinin canlı-ölü yük oranının artmasıyla doğrusal olmayan bir şekilde arttığını ve tüm simülasyon yük durumları için tasarım değerlerinin artmasıyla doğrusal olmayan bir şekilde azaldığı sonucuna varmıştır. Çin ulusal standardının minimum güvenilirlik indeksi gerekliliklerine göre, MOR ve UCS tasarım değerlerinin sırasıyla 14,0 ve 10,7 MPa olmasını önermiştir.

Uzun vd. (2017), Samsun'un Kavak ilçesi kırsalında yer alan iki ahşap camiyi (Dere ve Karlı) disiplinler arası bir çalışma ile detaylı olarak incelemişlerdir. Her iki caminin de inşa tarihlerinin belirlenmesi, koruma sorunlarının tanımlanması ve uygun koruma yaklaşım ilkelerinin önerilmesi yoluyla tarihi değerlerinin vurgulanması amaçlamıştır. Camilerin temel koruma sorunlarının zaman içinde yapılan yanlış müdahalelerden kaynaklandığını tespit etmiştir. Bu nedenle, tarihi camilerin daha iyi korunması için kamu kurumları, sivil toplum kuruluşları ve ilgili derneklerle iş birliği yapılması büyük önem taşıdığına vurgu yapmıştır. Yapıdaki bozulmaları belirlemiş ve mimari çizimlerle desteklemişlerdir. Bölgede benzer koruma sorunlarına sahip ahşap yapıların nitelikli bir şekilde yenilenmesi için koruma yaklaşımları önermişlerdir.

Koca vd. (2018), eski bir yığma yapının ahşap yapı elemanlarının mevcut durumlarının tahribatlı ve tahribatsız test yöntemleri ile değerlendirmiştir. Tahribatlı ve tahribatsız test parametreleri arasındaki korelasyonlar elde edilerek tahribatsız test yöntemlerinin verimliliğini incelemişlerdir. Çalışma numuneleri İstanbul'un Kadıköy semtinde 20.yy'a ait eski bir yığma yapının farklı kısımlarından elde edilmiştir. Yapısal ahşap elemanlardan elde edilmiş numunelere ultrasonik stres dalga yöntemiyle test etmişlerdir. Bu testin ardından ahşap numunelerin, eğilme direnç değeri ve eğilmede elastikiyet modülünü belirlemişlerdir.

Gökmar, ladin ve kestane numuneleri için stres dalga hızı (V) ve statik elastikiyet modülü (MoE_s) arasındaki korelasyonlarla ilgili gökmar (0,73), ladin (0,63) ve kestane numuneleri (0,53) için iyi bir korelasyon elde etmişlerdir. Gökmar, ladin ve kestane numuneleri için dinamik elastikiyet modülü (MoE_D) ve MoE_s arasında korelasyonlarda gökmar (0,71) ve ladin numuneleri (0,73) için yüksek korelasyonlar elde edilmiş, kestane numuneleri için nispeten zayıf bir korelasyon elde edildiğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, kestane (0,32) numunesinin yüksek mekanik özellikler taşımasına rağmen, numune sayısının az olması sebebiyle tatmin edici sonuçlar elde edilebilmesi bakımından daha fazla sayıda numune ile araştırma yapılmasının gerekliliğini belirtmişlerdir.

Kyaw & Yan Soe (2019), çalışmalarında Yangon Üniversitesi'nde bulunan 1924 yılında yapılmış olan Pyay Hostel binasındaki ahşap bina taşıyıcı elemanları ve özelliklerini belirlemişlerdir. Ağaç malzemedeki değişimlerin ve bozulmaların anlaşılması için ahşap numuneleri fiziksel ve mekanik testlere tabi tutmuşlardır. Ahşap numunelerin rutubet miktarı ve yoğunluğu belirlenmiş; statik eğilme, liflere paralel ve dik basınç, liflere paralel makaslama testlerine tabi tutulan örneklerdeki direnç özelliklerini tespit etmişlerdir.

Chang vd. (2019), eski bir binanın ahşap bileşenlerindeki iç kusurları belirlemek amacıyla tahribatsız stres dalgası ve delme direnci testlerinden yararlanmışlardır. Araştırma sonuçları kullanılan testlerin ahşap mimaride iç kusurların ve direncin değerlendirilmesinde kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Topaloğlu vd. (2021), Giresun ili Zeytinlik Evinden aldıkları 88,113 ve 120 yıllık ahşap örneklerindeki anatomik, fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerindeki değişimleri belirlemiş ve standartlarla karşılaştırmıştır. Alınan tüm eski örneklerin yüzey bileşenlerinde ligninin yapısının değiştiğini ve hemiselülozun bozulduğunu tespit etmişlerdir. Mekanik özelliklerin kontrol örneklerine kıyasla iyi olduğunu eski odun örneklerinin mantar ve böcek tahribatına uğramadığı ve yeniden kullanılabilir olduğunu belirlemişlerdir.

Moosavinejad vd. (2019), yaptıkları çalışmada üç tarihi ahşap yapıdan aldıkları numunelerin tür teşhislerini yaparak, bu numunelerdeki kimyasal değişimlerin belirlenmesi amacıyla FT-IR ve FT-Raman analizi yapmışlardır. Yapraklı ve iğne yapraklı ağaç türleri üzerinde çalışmalarını tamamlamışlardır. Ayrıca, bozulmanın çevresel faktörlerini karşılaştırmak amacıyla ahşap yapının kuzey ve güney taraflarından bazı meşe örnekleri toplamışlardır. Tarihi ahşap numunelerin tümünde biyolojik tahribat olduğunu belirlemişlerdir. Yapraklı ağaç türlerinde karbonhidratlar ve lignin değerlerini karşılaştırmışlar, karbonhidratların bozulmasının ligninden daha fazla olduğunu tespit

etmişlerdir. Bu durumun sebebini kahverengi çürüklük ve hidroliz ile ilişkilendirilebileceğini belirtmişlerdir. Güney cepheden alınan meşe örneklerindeki kimyasal bileşiklerin azalma sebebini, çevresel faktörlere bağlı, bulunduğu bölgedeki hâkim rüzgâr ve UV ışını ile ilişkilendirmişlerdir. Tek iğne yapraklı ağaç türü olan porsuktan alınan örneklerin yağmura sık maruz kalması nedeniyle hem karbonhidrat hem lignin bileşeninde bozulma olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Sharapov vd. (2019), çalışmalarında, ağaç türlerinin, nem içeriğinin ve matkap ucunun ilerleme hızının, statik eğilmede elastikiyet modülü ve delme direnci ölçümleri ile ahşap yoğunluğunun tahmin edilmesinin doğruluğu üzerindeki etkisini belirlemişlerdir. IML-RESI PD 400 cihazı çalışmada kullanılmıştır. Delme direnci ve besleme hızı direncinin statik eğilmede elastikiyet modülü ve ağaç malzemenin yoğunluğu ile olan korelasyonunun bulunması amaçlanmıştır. Çalışmada sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.), İngiliz meşesi (*Quercus robur* L.) ve Adi ıhlamur (*Tilia europaea* L.) ağaç numuneleri kullanılmıştır. Her bir ağaç türüne ait yoğunluk ve elastikiyet modülleri belirlenmiştir. Delme direnci ile ahşap özellikleri arasında, besleme hızı direncine kıyasla daha güçlü bir korelasyon bulunmuştur. Bu sebeple sağlam ağaç malzemenin yoğunluk ve elastikiyet modülü tahmini için delme direnci testinin uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Rutubet içeriğinin, delme direnci ölçümleri ile elastikiyet modülü tahmini üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Ağaç ve matkap türüne bağlı olarak lifler yönü ve dik delme yönleri arasındaki delme ve besleme hızı direncinin farklılıklarının belirgin olduğu tespit edilmiştir. Çoğu durumda orta uçlu matkap ucuyla liflere dik delmenin, lifler yönünde delme yönünden daha yüksek sonuçlar verdiği bulunmuştur. Tek ana kesici kenarlı matkap ucu için bu durumun aksi sonuçlar elde edilmiştir. Tek bir ana kesici kenara sahip matkap ucu tipiyle ölçülen besleme hızı, en duyarlı parametre olduğu bulunmuştur. Delme yönü, liflere dik olarak değiştirildiğinde ortalama besleme hızı sarıçam için yaklaşık %27, kayın için %33, meşe için %37 ve kavak için %40 oranında azaldığı belirlenmiştir. Delme direnci ve besleme direncine dayalı ahşap özellikleri tahmin edilirken lif yönüne veya liflere dik yönündeki değişikliklerin dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir.

Zhao vd. (2019), eski bir Çin yapısından alınan Çin göknarı (*Cunninghamia lanceolata*) numunesinin dış yüzeyini, orta katmanını ve iç yüzeyini sistematik olarak incelemeyi amaçlamışlardır. Kalitatif ve kantitatif analizlere dayanarak, eski ahşaplarda hem selüloz hem de hemiselülozun önemli derecede bozulmaya uğradığını tespit etmişlerdir. Selülozun kristalit bölgelerinin de kontrol edilen yeni ahşapla karşılaştırıldığında orta

derecede bozulmaya uğradığı belirlenmiştir. Buna karşılık, ligninin değişmeden kalmasına karşılık ve iç tabakada az miktarda da olsa artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Buna karşılık, lignin temelde değişmeden kalır ve belirlenen daha fazla serbest fenol grubu ile kanıtlandığı gibi iç tabakadaki içeriği hafifçe artar. Dış ve iç katmana göre, eski ağaç malzemenin orta katmanı, yeni ağaç malzemeninkine yakın en düşük bozulma derecesini göstermektedir. Bu çalışma, Çin'in antik mimarilerindeki tahrip olmuş ahşapları onarmak için yapay antik ahşap üretimi için kılavuzlar sunmaktadır.

Xue vd. (2019), tarihi ahşap binaların yapısal performansını değerlendirmek amacıyla kavak ağacı (*Populus tomentosa* Carrière), Çin çamı (*Larix gmelinii*) ve Çin göknarı (*Cunninghamia lanceolata* Lamb.) numunelerine tahribatsız testler uygulamışlardır. Rezistograf ve vida tutma direnci cihazlarını kullanarak ahşap numunelerin nihai basınç dayanımını tespit etmeye çalışmışlardır. Vida tutma direnci ile rezistograf cihazıyla elde edilen bulguların güvenli olduğu ancak rezistografin masraflı oluşu nedeniyle vida tutma direnci cihazının kullanılmasının tercih edilebilecek alternatif bir yöntem olacağını belirtmişlerdir. Ölçüm sonuçları rezistograf ve numunelerin basınç dayanımı arasındaki korelasyon katsayısının 0,5 ile 0,7 aralıklarında olduğunu göstermiştir. Çift ağızlı (vida türü) vida tutma kuvveti arasındaki korelasyon katsayısı (SW_{DST}) ve liflere paralel basınç dayanımı korelasyon katsayısı 0,1 ile 0,65 arasında dağılırken, tek ağızlı (vida türü) vida tutma (SW_{SST}) için korelasyon katsayı değerleri 0,4 ile 0,65 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Vida tutma yönteminde, vida adımının test sonuçlarını etkilediği, adım sayısı fazla olanın korelasyon katsayısının daha yüksek sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Carrillo Gómez vd. (2019), Morelia Katedrali salonunun tavan iskeletindeki kirişlerin genel durumunun kötü olması ve bu kirişlerin daha yeni kesilmiş ağaçlardan elde edilen kerestelerden yapılan kirişlerle değiştirilmesi amacıyla bazı analizler yapmışlardır. Tarihi ağaç malzemenin rutubet içeriğini, yoğunluğunu, dalga hızını, dinamik elastikiyet modülünü ve beş yeni kiriş örneğinin kalite değerlerini belirlemişlerdir. Bu parametreler beş eski kirişin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Yoğunluk, dalga hızı, dinamik elastikiyet modülü ve yoğunluk açısından eski ve yeni kirişler arasında herhangi bir fark bulunamamıştır. Sonuçlar, yeni ahşap kirişlerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin eski ahşap kirişlerle eşdeğer olduğunu göstermiştir. Eski ve bozulmuş ahşap kirişlerin yeni kesilmiş olanlarla değiştirilmesi stratejisinin başarılı olduğu ve tarihi ahşap yapıların korunmasına yönelik ilkelere atıfta bulunulan Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi'nin gerekliliklerine uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

Tülüce (2019), Doğu Karadeniz bölesi, Rize ili, Fındıklı İlçesine bağlı Çağlayan Köyünde yer alan tarihi ahşap yapılara yönelik koruma metodolojisini ICOMOS kuralları çerçevesinde değerlendirmiştir. Mimari özellikleri ve yapım teknikleri yönüyle bölgede günümüze kadar özelliğini korumuş belirlenen üç ahşap yapı üzerinde anatomik, fiziksel, mekanik ve tahribatsız testler yapmıştır. Anatomik inceleme sonuçları Anadolu Kestanesinin (*Castanea sativa* Mill.) yapılarda kullanılan ağaç türü olduğunu göstermiştir. Trahe ve lif hücrelerinin çeperlerinde herhangi bir bozulmanın olmadığını tespit etmiştir. Çalışmasında, yöre sakinleri ve yapı ustaları ile kişisel görüşmeler ve anket çalışması yapmış olup, zamanında yapılan işlerin ne kadar doğru yapılmış olduğu görüşünü savunmuştur. Bu zamana kadar yapılan müdahaleleri ICOMOS kuralları çerçevesinde karşılaştırmış olup, yapım tekniğinin ICOMOS kurallarına uyumluluk gösteren yönlerinin olduğu sonucuna varmıştır.

Hudso-McAulay vd. (2020), yaklaşık 500 yıllık tarihi İskoç çamı ve yeni İskoç sarıçamını inceleyerek aralarında kimyasal veya mekanik farklılıklar olup olmadığını belirlemişlerdir. İskoç sarıçamı (*Pinus sylvestris* L.) numunesinin kimyasal bileşimindeki farklılıkları değerlendirmek için FTIR (Fourier Dönüştümlü Kızılötesi) spektroskopisi kullanılmış ve tarihi ahşap kirişlerden alınan küçük numuneler yeni numunelerle karşılaştırılmışlardır. Sonuçlar, selülozik asetil içeriğinin eski numunelerdeki kirişlerin kalınlığı boyunca azalma eğiliminde olduğunu ve tarihi sarıçam numunelerinin dayanıklılığının yeni sarıçam numunelerine göre yaklaşık yarı yarıya azaldığını göstermiştir.

Gezer vd. (2021), Karadeniz Bölgesi Trabzon ilinde 1892 yılında ahşaptan yapılan Nemlioğlu Konağı'nın ağaç malzemelerini tahribatlı ve tahribatsız test yöntemleri ile test etmiş olup bu malzemelerin performanslarını değerlendirmişlerdir. Konağın taşıyıcı kısımlarından aldıkları ahşap numuneleri eğilme direnci ve elastikiyet modülü testlerine tabi tutmuşlardır. Tahribatsız test cihazlarıyla binanın taşıyıcı elemanlarındaki tahribat, kusurlar ve direnç özelliklerini belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre konaktaki ahşap elemanların büyük bir kısmının hala taşıyıcı özelliğini koruduğu ve standartlarda belirtilen en az düzeyde mekanik direnç özelliklerini sağladığını ifade etmişlerdir.

Xu vd. (2021), Çin'deki tarihi ahşap yapıların ve tarihi ağaçların korunmasında görsel incelemelerden yararlanmışlardır. Bununla birlikte, çekiçle/bir aletle vurarak ses çıkarma, rezistograf, stres dalgası iletim hızı, stres dalgası tomografisini belirlemek üzere tahribatsız teknikleri kullanmışlardır. Diğer taraftan sadece tarihi ağaç malzemeler için çekme direnci testi ve yere nüfuz eden radar (GPR) olmak üzere iki teknik ve eski ahşap yapılar için de

akustik emisyon ve dijital görüntüleme olmak üzere olmak üzere toplam dokuz tahribatsız test tekniği uygulamışlardır. Stres dalgası iletim hızının tarihi ağaç gövdelerinin iç kusurlarını taramada iyi sonuç verdiği, ancak eski ahşap yapıların ahşap elemanları içindeki iç kısımlarındaki kusurları tespit etmede kötü performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Dijital görüntülemenin akustik emisyonu göre performansının daha iyi olduğu ve ahşap yapıların uzun vadede takibi ve hasar uyarısında iyi performans göstereceğini belirtmişlerdir. Stres dalgası tomografisinin, ağaç gövdelerinin içindeki iç kusurların görüntülerinin elde edilmesinde başarılı olduğu tespit etmişlerdir. GPR tamamen tahribatsız bir yöntem olmasına karşın çözünürlüğü ve doğruluğu düşük olduğundan uygulanmasının sınırlı olduğunu vurgulamışlardır.

Oh (2021), yaptığı çalışmada böcek tahribatına uğramış çam kerestesinin mukavemetini değerlendirmek için tahribatsız vida tutma direnci ve tahribatlı basınç direnci testi uygulamıştır. Ağaç malzemenin yoğunluğu ile vida tutma mukavemeti arasındaki ilişki değerlendirdiğinde vida tutma mukavemetinin azalan yoğunlukla azalmış olduğunu tespit etmiştir. Yoğunluk, vida tutma ve basınç direnci arasındaki ilişkinin istatistiksel anlamda anlamlı olduğunu bildirmiştir. Sonuçlar aralarında güçlü bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Korelasyon katsayılarının sırasıyla, basınç direnci ve yoğunluk arasında 0,71; vida tutma direnci ve yoğunluk arasında 0,632; basınç direnci ve vida tutma direnci arasında 0,64 olduğunu belirtmiştir. Test sonuçları doğrultusunda vida tutma mukavemetinin mevcut bir ahşap yapının yerinde tahmini için kullanılabilir bir yöntem olduğunu önermiştir.

Topaloğlu (2023), tarihi bir ahşap yapının her bir ahşap elemanının ahşap türlerinin belirlenmesi ve kullanım ömrü boyunca hava şartlarına maruz kalması nedeniyle ahşap özelliklerinde meydana gelen değişimlerin araştırılması, tarihi ahşap yapıların bakımı ve yenilenmesi için gereken koşullar üzerinde bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, yaklaşık 100 yıldır kullanılan geleneksel ahşap bir evin iki cephesinden alınan örneklerin doğal yaşlanma sırasında ahşap özelliklerinde (anatomik, kimyasal ve fiziksel) meydana gelen değişimleri araştırmıştır. Deneyler için tahribatlı testler kullanmıştır. Her iki cephe elemanının ağaç türü, rutubet içeriği, yoğunluğu, su alma oranı ve kimyasal yapısı belirlenmiştir. Mikroskobik analizler, pervazın sarıçam (*Pinus sylvestris*) odunundan, pencere pervazının ise kestane (*Castanea sativa*) odunundan yapıldığını ortaya koymuştur. FTIR analizine göre her iki cephe ahşap elemanının dış hava şartlarında dış yüzeyindeki selüloz ve ligninin bozulduğunu tespit etmiştir. Dış hava koşullarına maruz kalan hem pervaz

hem de pencere sövesinin ahşaplarının su alma oranlarının doğal yaşlanma ile artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Dremelj vd. (2023), yaptıkları çalışmada yapıda kullanılan ağaç malzemenin, iç mekânda, çeşitli yerel çevre koşullarının etkisinden kaynaklı oluşan yapısal değişiklikleri ve bunların hizmet ömürlerini araştırmışlardır. Aziz Barbara Kilisesi'nin (Hotedršica'nın yukarısındaki Ravnik, Slovenya) çatısından alınan tarihi gümüş göknar (*Abies alba Mill.*) numuneleri üzerine çalışmalarını yürütmüşlerdir. Tarihi ahşap yapıdan alınan parçaların parç CIELab renk belirleme, ışık mikroskobu ve IR spektroskopisi ile analizleri test etmişlerdir. Sonuçlar, 18. yüzyıl göknar yapısal kerestesinin iç kısmının, özellikle yaz odunda daha düşük renk açıklığına (L^*) ve yoğunluğuna (b^*) sahip olduğunu göstermiştir. Selüloz içeriğine göre lignindeki kısmi artış ve hemiselülozdaki azalma, İncelenen tarihi göknar ağacının boyama ve epifloresans yoluyla mikroskobik analizi, hemiselüloz ve selüloz içeriğine göre kontrol örneğindeki lignin içeriğindeki artışı doğrulamış ve bu durum FTIR spektroskopisi ile de teyit edilmiştir. Polarize ışık kullanılarak tarihi göknar numunesinin mikroskobik analizi ile selüloz ve hemiselülozların amorf alanlarının olası bozulmayı tarihi ve yeni numunelerin anatomik görüntüleri üzerinde tespit etmişlerdir. Bu durumun kısmen de olsa artan bir selüloz kristallik derecesine işaret ettiğini bildirmişlerdir. Bu durumu FTIR spektroskopisi ile de doğrulamışlardır.

Lopez vd. (2023), Cuenca'da (Dünya Mirası Kenti) bulunan tekil bir tarihi yapı olan "La Casa del Corregidor" binasının ahşap yapısını değerlendirmişlerdir. Binanın yakın gelecekte restorasyona alınması planlanmakta olduğundan çalışmada hem tahribatsız hem de yarı tahribatlı tekniklere yer vermişlerdir. Binanın sekiz katındaki tüm eski ahşap elemanlar üzerinde kapsamlı bir deneysel inceleme yapmışlardır. *Pinus sylvestris* L. ağacından 1200'den fazla numune incelemişler ve bu çalışmada toplanan verilerin, ahşap yapı elemanlarının mekanik olarak değerlendirilmesine olanak sağlamışlardır. Ahşap yapı elemanları, görsel inceleme, mikrofotograf, rutubet ölçer, stres dalga ölçümleri ve delme direnci testlerine tabi tutulmuştur. Bu tekniklerle ağaç türlerinin tanımlanmasını, doğal kusurların ve çürümüş alanların tespit edilmesini ve ahşap elemanların fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Elde edilen verilere göre, yapısal gereklilikleri karşılamak üzere ahşap yapıda yapılacak müdahalenin kapsamını belirlemek için multidisipliner bir yaklaşım kullanmışlardır. İstatistiksel analiz sonuçları yapısal elemanların %95' inden fazlasının iyi durumda olduğunu göstermiştir.

Brunetti vd., (2023), tarihi yapılarda ahşap yapı elemanların dinamik elastikiyet modülünü belirlemek amacıyla ağaç malzemenin delme direncine karşılık yoğunluğunu belirlemeye çalışmışlardır. Bu sebeple, gümüş göknar, kestane ve kavak numunelerinin yoğunluğu, delme direnci ölçümleri ile tahmin edilmiş ve bu türlere özgü tahmin denklemleri geliştirmişlerdir. Tahmin edilen yoğunluk değeri, ağaç malzemede lifler yönünde yayılan stres dalgası hızı ile birleştirilmiş ve dinamik elastikiyet modülü hesaplanmıştır. Ahşap numunelerin yoğunluğu ve delme direnci korelasyon katsayıları sırasıyla gümüş göknarında 0,76; kestane 0,83; kavakta 0,94 olarak tespit etmişlerdir. Dinamik elastikiyet modülü ve statik elastikiyet modülünün aralarındaki ilişkinin katsayıları $R^2= 0,53$ ila $0,60$ arasında olduğu belirlenmiştir



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Sahalarının Bulunduğu Bölge

2.1.1. Rize İli ve Tarihçesi

Rize ili batıda Trabzon, doğuda Artvin, güneyde Erzurum ve Bayburt illeri, ile kuzeyde Karadeniz’le çevrili 3920 km² yüzölçümüne sahip kıyı kentidir (Şekil 23). Rize’nin arazi yapısı engebeli ve dağlık olmakla birlikte kıyı şeridinin uzunluğu 80km, genişliği 20-150 km arasında değişiklik göstermektedir. Çok engebeli ve dağlık bir arazi yapısına sahip olan Rize’nin kıyı şeridinin uzunluğu 80 km, genişliği ise 20-150 m arasında değişmektedir (URL, 2).

Bölgenin adı M.Ö. 8 yüzyılda ilk kez yazılı bir kaynakta yer almaktadır. Urartulu II. Sardur'un, M.Ö.765 yılında Kars’ın kuzeyindeki, yer alan Taşköprü Köyü üstündeki kayalıkta kazdırdığı çivi yazılı kitabede, 'Kulki/Kulkha' olarak geçmektedir. Bu çivi yazılı kitabe, bölge adının yazılı olarak ilk defa bir yerde geçtiği kaynak olmaktadır. Bu olay bölgenin tarih sahnesinde yer almasını sağlamıştır.

Büyük İskender, M.Ö. 323 senesine kadar Anadolu’da hakimiyet göstermiştir. İskender’in ölümünden sonra çıkan egemenlik savaşlarıyla bağımsızlığını ilan eden Mitridates Kitistes, Karadeniz kıyısında Sinop civarına kadar genişleyen Pontus Krallığı’nı kurmuş olup, M.Ö. 180 yılında Pontos Kralı Farnakes, Rize’yi işgal edip, krallığının topraklarına katmıştır. Rize yöresi daha sonra M.S. 10 yılında Roma İmparatorluğu’nun egemenliğine geçerek Roma’nın ikiye ayrılmasından itibaren Bizans topraklarında kalmıştır. Rize, Trabzon’daki Rum Krallığına bağlı bir kaza olup, merkezi Pazar olduğu bildirilmektedir. Rize kasabası ve Pazar'a kadar olan toprak bölümü Trabzon Krallığının sınırları içerisinde yer almıştır. Osmanlı döneminde, 1461 yılında Fatih Sultan Mehmet Trabzon’u fethettiği zaman sahilde Çoruh Nehrine kadar olan topraklar, Hemşin dahil olmak üzere Osmanlı İmparatorluğu hakimiyetine girmiştir. Aynı yıllarda, doğuda Çoruh ağzına kadarki yerler ve arada Rize’de savaşız fethedilerek, bütün buralar, yeni kurulan "Turabozan Sancağına” bağlanmıştır. Şehir ve kasabalara civar bölgelerden gönüllü ve sürgün olarak Türkler getirilmiş olup, vergilerden muaf tutulmuş ve 1464 yılına kadar burada yerleşik hayat sürmüşlerdir (URL, 4).

Cumhuriyet döneminde 20 Nisan 1924'te tek başına Rize Vilayeti olmuştur. Atatürk 17 Eylül 1924 tarihinde Rize'ye resmi bir ziyaret gerçekleştirmiş olup Mataracı Mehmet Efendi'nin evinde misafir edilmiş, günümüzde ise bu ev Atatürk Evi Müzesi olarak ziyaret edilebilmektedir. Öte taraftan Cumhuriyet döneminde Rize'nin kalkınması için teşebbüslerde bulunulmuştur. 1937 yılından sonra çay üretimine geçilmesi, yöre insanının ekonomik kazancının artmasında etkili olmuştur (URL, 5).



Şekil 23. Rize'nin bulunduğu bölge ve konumu (Google Earth, 2022)

2.2. Çalışma Sahaları

Bu tez kapsamında Rize mevkiinde bulunan üç farklı çalışma sahasına ait toplamda dokuz tarihi ahşap yapı incelenmek üzere belirlenmiştir. Bu kapsamda öncelikle ilde belirlenen bölgelerdeki ahşap yapılar hakkında ön keşif yapmak ve özel izinlerin alınması amacıyla yöreye birkaç kez gidilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda Rize ilinde üç farklı yükseltide çalışma sahaları belirlenmiş olup, araştırmaya dahil edilecek ahşap yapılar seçilmiştir (Şekil 24).



Şekil 24. Rize mevkiinde farklı yükseltilerdeki araştırma sahalalarının konumları ve görünümü (Google Earth, 2022)

Bu çalışma sahalarından ilki Rize'nin Pazar ilçesinde bulunan Papatya köyünde; diğer ikisi ise Çamlıhemşin ilçesinde yer alan Konaklar ve Armağan Mahalleleridir. Yapıların

sahipleri, araştırma kapsamında incelenen tarihi ahşap yapıların 100 yıldan fazla bir geçmişe sahip olduklarını beyan etmişlerdir.

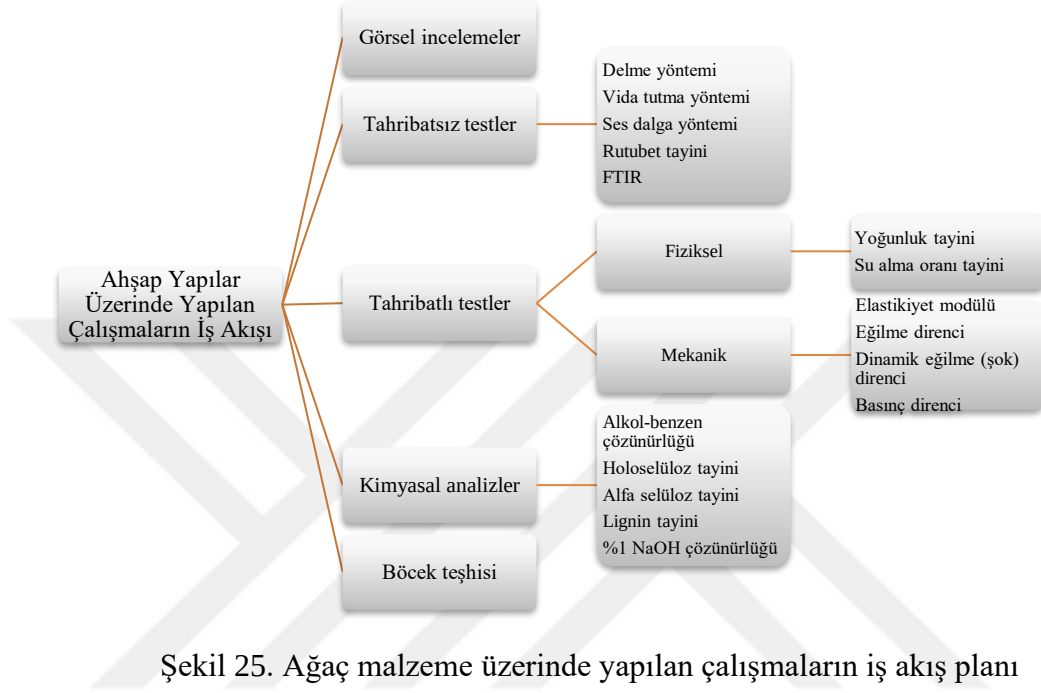
Her bir çalışma sahasında belirlenen üçer adet tarihi ahşap yapı araştırma kapsamında incelenmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere alınan numuneler yapılara ait olmakla birlikte çalışmaya uygun özellikte olanlar tercihen kullanılmıştır. Tarihi ahşap yapılardaki taşıyıcı elemanlarda yapılan inceleme ve testler için yapı sahiplerinden izin alınarak gerçekleştirilmiştir. Tahribatlı testlerde kullanılmak üzere ahşap konutların veya yapıların yapımından arda kaldığı yapı sahipleri tarafından bildirilen ve depoda tutulan ağaç malzemelerden numune alımı yapılmıştır. Yakın zamanda restorasyonu yapılmış olan tarihi ahşap evlerin değiştirilmiş ağaç malzemelerinin bazıları saklanmıştır. Bu malzemelerden seçilenler, tezin çalışma kapsamında tahribatlı testlerde değerlendirilmiştir. Çalışma sahaları bölgelerine göre gruplandırılmış olup incelenen ahşap yapılara ilişkin yükselti ve koordinat bilgileri aşağıdaki Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Tarihi ahşap yapılara ilişkin yükselti ve koordinat bilgileri

#	Bölge	Ev Adı	Yükselti	Koordinat
1	Çamlıhemşin ilçesi Merkez Konaklar Mahallesi	Melikoğlu Konağı	515,25 m	K 41° 1' 53.7056" D 41° 0' 39.1680"
		Melikoğlu Konağı Baba Evi	514,91 m	K 41° 1' 53.3324" D 41° 0' 39.5366"
		Biryol Evi	554,82 m	K 41° 1' 28.3507" D 41° 0' 28.8423"
2	Çamlıhemşin ilçesi Şenköy Köyü Armağan Mahallesi	Gedik Konağı	838,93 m	K 40° 57' 02.1507" D 40° 57' 52.9509"
		Gedik Konağı Serender	840,92 m	K 40° 57' 01.4941" D 40° 57' 52.5515"
		Çetinkaya Evi	823,10 m	K 40° 57' 04.0696" D 40° 57' 51.0998"
3	Pazar ilçesi Papatya Köyü	Esat Evi	197,23 m	K 41° 7' 51.0473" D 40° 54' 27.9478"
		Zihni Evi	179,86 m	K 41° 7' 56.6798" D 40° 54' 26.6735"
		Aydoğan Evi	269,97 m	K 41° 7' 31.8448" D 40° 54' 36.5746"

2.3. Ağaç Malzemenin Üzerinde Yapılan Çalışmaların Planı

Çalışma kapsamında tarihi ahşap yapılardaki tahribat ve kusurların tespiti amacıyla yapılan çalışmaların iş planı ana hatlarıyla, başlıklar halinde Şekil 25’te gösterilmiştir.



Şekil 25. Ağaç malzeme üzerinde yapılan çalışmaların iş akışı planı

2.3.1. Ağaç Malzemenin Tür Teşhisi

Tür teşhisinde iğne yapraklı ağaçların tamamında esas olan mikroskopik özellikler iken yapraklı ağaçlarda hem makroskopik hem de mikroskopik özellikler esas alınmaktadır (Bozkurt & Erdin, 1995). Ahşap yapı ve eserlerin restorasyon/konservasyon çalışmalarında ağaç türünün tespit edilmesiyle, doğru ağaç türüyle değişimin sağlanması bu sayede mümkün olabilmektedir. Tarihi ahşap yapıların görsel incelemelerine başlamadan önce odunun tür teşhisi makroskopik olarak sahada yapılmıştır.

Daha sonra çalışma sahasındaki ahşap yapılardaki ağaç malzemelerin tür teşhisleri için numune temin edilmiş olup, ağaç malzemelerin mikroskopik ve makroskopik özellikleri laboratuvarında gerçekleştirilen testler sonucunda ortaya konmuştur. Ağaç türünün ayrıntılı incelenmesi, teşhisi ve anatomik yapısının değerlendirilmesi “KTÜ Orman Mühendisliği Bölümü” laboratuvarında yapılmıştır. Sahalardaki her bir yapıdan alınan odun örneklerinin mikroskopik teşhisinde Olympus BX50 marka ışık mikroskobu kullanılmıştır (Şekil 26). Maserasyon işlemiyle lameller hazırlanmış ve teğet, radyal ve enine kesitlerinden

görüntüleri alınmıştır. Her bir anatomik özellik için otuz ölçüm yapılmış ve sonuçlar hesaplanmıştır.



Şekil 26. Işık mikroskobu (Aydoğan Selçuk, 2023)

2.3.2. Görsel İncelemeler

Ahşap yapılar hakkında ön bilgi edinmek için başvurulan yöntemler içinde yer almaktadır. Farklı sebeplere bağlı oluşan gözlemlenmesi muhtemel tahribatların (çürüme, çatlak, boşluk, renk değişikliği, şekil değişikliği) tespitinde tercih edilen yöntemlerdendir (Falk vd., 1990).

Ağaç malzeme üzerinde yapılan görsel değerlendirme sonucunda ağaç malzemedeki çatlakların bulunduğu bölgeleri genişlikleri ve boyları, kayıt altına alınmıştır. Bununla beraber insanların sebep olduğu kusur ve tahribatlar, iç veya dış cephede oluşan çatlaklar, soyulmalar, yarılmalar, renk değişimi gibi kusurlar da kayıt altına alınmıştır. Ağaç malzemenin herhangi bir yüzeysel koruma işlemine tabi tutulup tutulmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, ağaç malzeme üzerindeki böceklerin açtığı tüneller, uçuş delikleri, mantarların sebep olduğu renk değişimleri ve çürüklük tipleri ve gözlemlenerek not edilmiştir.

2.3.3. Tahribatsız Test Yöntemleri ile Ağaç Malzemenin İç Kısımlarındaki Tahribatların Belirlenmesi Üzerine Deneysel Analizler

Görsel inceleme sonuçlarına dayalı olarak, detaylı incelemelere ihtiyaç duyulması durumunda, bu aşamada aletli analiz teknikleri kullanılmaktadır. Yapılan analizler ve değerlendirmeler yapının özgün karakterini ve sürekliliğini koruyacak şekilde yapılan müdahalelerin temelini oluşturmaktadır (Seçkin, 2017). Yapının özgün özelliklerini anlamak bakımından deneysel analizler önemli olmaktadır.

Çürüklükler ağaç malzemenin kullanım yerindeki performansını etkilemektedir. Bu test yöntemleri sayesinde ağaç malzemenin iç bölgesinde henüz yeni başlamış veya ilerlemiş olan çürüklükler belirlenmiştir. Çürüklüğün başlarında ağaç malzeme dışardan sağlam görünmekte ve içerdeki çürüklüğün varlığı ya da ilerlediği tespit edilememektedir (Berger, 1996). Tarihi ağaç malzemelerde hem biyotik hem de abiyotik tahribat söz konusu olduğundan daha fazla tahribata meydan vermemek için olabildiğince tahribatsız test yöntemleri kullanılmaktadır. Ağaç malzemenin durumunun tespitinde mekanik, elektrikli, optik, akustik, termografik, radyografik, nükleer manyetik, kimyasal ve biyolojik yöntemler ya da bu yöntemlerden birkaçının kombinasyonu kullanılmaktadır (Unger vd., 2001). Bu tez kapsamında incelenen ahşap yapılarıdaki taşıyıcı elemanlarda tahribat olup olmadığının belirlenmesinde ve elde edilen bulgular ışığında ağaç malzemenin bazı mekanik özelliklerin tahmin edilebilmesinde aşağıda belirtilen yöntemler ve tahribatsız test cihazları kullanılmıştır. Tarihi ahşap yapılarda uygulanan tahribatsız testler, kontrol numunesi için de uygulanmıştır.

- Delme Direnci Yöntemi

Bu tez kapsamında Alman IML firması tarafından geliştirilen “IML -Resi PD400” (Şekil 27) modeli kullanılmıştır. Cihazın mil çapı 1 mm ve mil ucunun çapı 3 mm olup çalışmaya bağlı olmak suretiyle 100-150 delme yapabilmektedir. Ağaç malzemenin yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerinde yüksek bir dirençle karşılaşması sonucunda, mil ilerlemesi yavaşlamaktadır. Bu durum yüksek pik vermesine neden olmaktadır. Ancak, çürüklük ve boşluk olan bölgelerde odunun yoğunluğu düşmektedir. Böylece milin iç kısımda ilerlemesi kolaylaşmakta bu durum düşük direncin varlığına işaret etmekte ve düşük pikler elde edilmektedir (Helms & Niemz, 1993). Özel geliştirilmiş mili sayesinde milin odundan geri çıkartılması sırasında ortaya çıkan odun tozu/talaşı bu boşluğu tekrar kapatmakta ve dolayısıyla ağaç malzemeye minimum zarar vermektedir. Bu delik hattı

boyunca ağaç malzemenin yoğunluğuna veya biyolojik tahribatın (böcek, mantar) yeri ve derinliğine göre milin ilerleme hızının görüntüsü mekanik sensörle grafiğe aktarılmaktadır.

Ağaç malzeme dışardan sağlam görünse dahi iç kısmındaki çürüklüğün varlığı ya da çürüklük zonunun boyutu bilinmemektedir. Bu teknik, tez kapsamında tahribat bölgelerini/yerel kusurları incelemek, boyutunu saptamak ve yoğunluk değişiminin tespit etmek amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 27. IML-Resi Pd400 cihazı (Aydoğan Selçuk, 2023)

Elde edilen bulgular elektronik olarak kaydedilmiş ve sonrasında değerlendirmek üzere özel bir yazılımla (PD-Tools Pro) bilgisayara aktarılmıştır. Bu sayede ağaç malzemenin iç kısımlarındaki tahribat ve kusurların varlığı, yeri ve hangi aşamada olduğu tespit edilmiş ve yorumlanmıştır.

- Vida Tutma Direnci Yöntemi

Bu değerlendirme yöntemi özellikle ahşap yapı malzemelerinin yerinde değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Divos, 2005).

Ağaç malzemenin yoğunluğu, vida tutma direnciyle ilişkili olması sebebiyle bu test yöntemi malzemenin yoğunluk tahmininde yol gösterici olabilmektedir. Bu amaçla tez kapsamında FAKOPP firması tarafından geliştirilen vida tutma direnci test cihazı (Şekil 28) kullanılmıştır. Bu kapsamda 4 mm çapında ve 18 mm uzunluğundaki özel tasarlanan vidalar ağaç malzeme yüzeyine dik olacak şekilde vida üzerindeki işaretli kısma kadar monte edilmiş ve vida tutma direnci değeri tespit edilmiştir. Bu test kapsamında kullanılan vida, ağaç malzemede sadece 2,7 mm çapında bir delik meydana getirmektedir. Monte edilen vida ağaç malzemeden yavaş bir şekilde (0,2-0,4 mm/sn) çıkartılmış ve maksimum yük değeri cihaz tarafından kaydedilmiştir. Ağaç malzemede açılan delik çok küçük olduğundan ağaç malzemenin direnç özelliklerine herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı cihazı geliştiren firma

tarafından beyan edilmiştir. Elde edilen vida tutma değerleri sayesinde ağaç malzemenin eğilme direnci ve makaslama modülü tahmin edilmiştir. Vida tutma direnci sahalarda incelenen dikme ve kirişler üzerinde ölçüm yapılarak elde edilmiştir. Aşağıda verilen eşitliğe uygun (1) olarak ağaç numunelerin makaslama modülü hesaplanabilmektedir.

$$G = 224 \times F_{\text{vida}} + 210 \quad (1)$$

G: Makaslama modülü (MPa)

F_{vida} : Vida tutma direnci (MPa).



Şekil 28. Vida tutma direnci ölçüm cihazı (Aydoğan Selçuk, 2021)

- Stres Dalga Yöntemi

Ahşap yapıların tahribatsız incelenmesinde FAKOPP firması tarafından geliştirilen “Ultrasonic Timer” cihazı kullanılmıştır (Şekil 29). Cihaz ses dalgasının malzeme içerisinde yayılım süresini belirlemek için başlangıç ve bitiş olmak üzere iki adet piezoelektrik elektrot ve bir adet zaman ölçüm cihazından oluşmaktadır. Çivi şeklinde sivri uçları bulunan iki elektrot, ağaç malzemenin yüzeylerine 45 derecelik açıyla birbirine bakacak şekilde çakılmış olup başlangıç elektrotuna çekiçle hafifçe vurularak oluşturulan stres dalgasının bitiş elektrotuna ulaşması için geçen süre, zaman ölçerden mikro saniye olarak okunmuştur.

Bu cihaz diğer ultrasonik cihazlardan farklı olarak lifler yönünde sesin karşı tarafa geçme hızını belirlemektedir. Sağlam kısımlarda sesin hızı daha yüksek iken, çürük ve tahribatlı kısımlarda sesin hızı düşmektedir. Bu sayede, ağaç malzemelerin iç kısımlarında çürüklük ve tahribat olup olmadığı tahribatsız olarak tespit edilmiştir. Tarihi ahşap

yapılardaki, ahşap elemanların çeşitli mekanik özellikleri, stres dalga yöntemiyle analiz edilebilmektedir. Ölçüm sonrasında elde edilen veriler sayesinde malzemenin dinamik elastikiyet modülü ve eğilme direnci değerleri formüller sayesinde tahmin edilebilmiş, dolayısıyla ağaç malzemenin direnç özellikleri de tahribatsız belirlenmiştir. Bu değerlendirme yöntemiyle elde edilen dinamik elastikiyet modülü, tahribatlı olarak elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmalar, bu yöntemin ağaç malzemenin korunması ve restorasyonu üzerinde etkisinin olduğunu göstermiştir (Ross vd., 1999; Divos vd., 2011).



Şekil 29. Stres dalga ölçüm cihazı (Aydoğan Selçuk, 2021)

Elde edilen stres dalgası hız değerleri yardımıyla, aşağıdaki formüle göre (2) ahşap numunelerin elastikiyet modülleri hesaplanmıştır. Hesaplanan dinamik elastikiyet modülü değerleriyle TS EN 338 (2012) standardına göre direnç sınıfları elde edilmiştir.

$$MOE_{\text{dinamik}} = V^2 \times \sigma \quad (\text{MPa}) \quad (2)$$

MOE_{dinamik} : Dinamik elastikiyet modülü

V : Stres (Gerilme) dalgası hızı m/s

σ : Yoğunluk kg/m^3

- Rutubet Ölçer ile Rutubet Tayini

Rutubet ölçümü için, “Gann Hydromette RTU 600” cihazı kullanılmıştır. Cihaz, rutubet ölçümü için ağaç türüne göre ayarlanmıştır. Elektrotların, ağaç malzeme kalınlığının 1/3’ü derinliğe çakılabilmesi için ölçüm cihazı “Ram-in electrode M 18” aparatıyla beraber

kullanılmıştır. Rutubet ölçer cihazının (Şekil 30) çalışma prensibi %20'yi aşan rutubet içeriğini baz alarak rutubeti ölçmeye dayanmaktadır.

Ağaç malzemenin rutubet miktarının bilinmesi, yapı elemanlarının mukavemet değerlerinin bilinmesinde hem de olası biyolojik tahribatın belirlenmesinde önem kazanmaktadır. Bu cihaz sayesinde ağaç malzemedeki çürüklüğün olup olmadığı da tayin edilebilmektedir (Morrell, 1996). Araştırma bölgesinde bulunan evlerin güneş gören ve görmeyen cephelerindeki ağaç malzemenin rutubet değerleri belirlenmiştir.



Şekil 30. Rutubet ölçüm cihazı (Aydoğan Selçuk, 2021)

- FTIR Analizi

Ağaç malzemenin yapısal bileşenlerindeki bozulmanın tespitinde tahribatsız FTIR yönteminden faydalanılmıştır. FTIR analizi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Kimya Bölümü Laboratuvarı'nda "Perkin Elmer Precisely" markalı "Spectrum 100 FTIR" spektrometre cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 31). Dış hava şartlarında UV ışınına maruz kalan ahşap yapıların yüzey kimyasında meydana gelen değişimlerin tespiti yapılmıştır.

Çalışma sahalarındaki ahşap yapıların cephelerinden temin edilen numunelerin üst (dış)/alt(iç) yüzey tabakalarının kimyasal yapısı üç tekrarlı FTIR spektrumları, 400-4000cm⁻¹ dalga uzunluklarında 4 cm⁻¹ çözünürlükte elde edilmiştir. OMNIC yazılımı, tek bir numune noktası için taramaların ortalamasını almak için kullanılmıştır. Toplamda, her numune için en az üç tekrarlı ölçüm yapılmıştır.

Karbonil indeksi (C.I.), önceki araştırmalara göre (Andrady vd., 1993 ; Pandey ve Pitman, 2003; Lionetto ve vd., 2012) C=O grubunun 1718 cm⁻¹'deki (I_{1718 cm⁻¹}) C-H

deformasyonu pik yüksekliğinin, CH₃ grubunun 1375 cm⁻¹'deki (I_{1375cm⁻¹}) pik yüksekliğine oranlanmasıyla (3) hesaplanmıştır.

$$C. I. = \frac{l_{1718cm^{-1}}}{l_{1375cm^{-1}}} \quad (3)$$

Lignin indeksi (L.I.), 1505 cm⁻¹'deki (I_{1505 cm⁻¹}) lignin grubunun pik yüksekliğinin 1375 cm⁻¹'deki (I_{1375cm⁻¹}) C-H/CH₃ gruplarına ait pikin yüksekliğine oranlanmasıyla (4) hesaplanmıştır.

$$L. I. = \frac{l_{1505cm^{-1}}}{l_{1375cm^{-1}}} \quad (4)$$



Şekil 31. FTIR ölçüm cihazı (Aydoğan Selçuk, 2022)

2.3.4. Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi

- Ağaç Malzemenin Hazırlanması ve Kimyasal Analizler

Çalışma sahasına ait üç bölgeden ve her bir yapıdan temin edilen ağaç malzeme ve kontrol kestane numunesi kimyasal testler için hazırlanmıştır. Ahşap numuneler öncesinde küçük parçalar haline getirilmiş, laboratuvarında Willey tipi bir değirmende öğütülmüş ve sonrasında 40-60 mesh'lik eleklerde elenmiştir (TAPPI T-257 cm-02, 2002). Eleme sonucunda 60 mesh eleğin üzerinde kalan kısım alınarak, kimyasal analizler için hazır hale getirilmiştir.

Kimyasal analizler, “KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Orman Ürünleri Kimyası” laboratuvarında yapılmıştır. Eski ahşap numunelerin ve kontrol numunesinin tabi tutulduğu, kimyasal analizler ve ilgili standartlar Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Kimyasal analizler ve yöntemlerin standartları

Kimyasal Analizler	İlgili Standart
Alkol/Benzen Çözünürlüğü (%)	TAPPI T 204 om-88
Holoselüloz (%)	Klorit yöntemi (Wise & Karl, 1962)
Alfa Selüloz (%)	TAPPI T 203 os-71
Lignin (%)	TAPPI T 222 om-02
%1 NaOH Çözünürlüğü (%)	TAPPI T 212 om-02

- Alkol-benzen Çözünürlüğü

Kimyasal analiz, soxhlet cihazında her bir varyasyon için 2 g odun numunesi, 100 ml etanol ve 200 ml benzen karışımı ile 6 saat ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Alkol-benzen karışımı buharlaşana kadar deney devam etmiştir. Deney süresi tamamlanan numuneler 103 ± 2 °C’ deki etüv içerisine alınarak değişmez ağırlığa ulaşana kadar bekletilmiştir. Bu işlemten sonra deney numuneleri desikatörde soğutulup, tartılmıştır. Numuneden ekstrakte edilen kısım tam kuru numuneye göre % olarak hesaplanmıştır. Alkol benzen çözünürlüğü tayini her bir yapıdan alınan numuneler için 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

- Holoselüloz tayini

Çalışmada, odundaki karbonhidratların tamamını içeren holoselüloz miktarının belirlenmesinde her bir yapıdan alınan numuneleri test etmek amacıyla en yaygın kullanılan Klorit Yöntemi tercih edilmiştir. Alkol-benzen çözünürlüğüne maruz bırakılan numune gruplarından 5 g alınarak üç tekrarlı holoselüloz tayini yapılmıştır. Deney sonucunda numuneler 103 ± 2 °C’de kurutulup tartılmış, elde edilen ağırlık, orijinal kuru ağırlığına oranla % olarak hesaplanmıştır (Wise ve Karl 1962). Holoselüloz tayini her bir yapıdan alınan numuneler için 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

- Alfa selüloz tayini

Alfa selüloz oranı, holoselüloz tayinine maruz bırakılan ağırlığı 2 g gelen numuneler üzerine %17,5 NaOH ilave edilmesiyle belirlenmiştir. Elde edilen kalıntı 103 ± 2 °C’de

kurutulup desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Alfa selülozun yüzde (%) olarak tam kuru numune ağırlığına oranı belirlenmiştir. Alfa-selüloz tayini her bir ahşap yapıdan alınan numuneler için 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

- Lignin tayini

Alkol-benzen ekstraksiyonuna uğratılmış hava kurusu numunelerden 1 g tartılmıştır. Tartılan her bir numune üzerine %72'lik H_2SO_4 'ten 15ml ilave edilmiş ve 2 sa karıştırıcılarda bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda beher içerisindeki karışım 1 lt'lik erlenmayere aktarılmıştır. 575 ml olana kadar destile su ile seyreltilmiştir. Bu karışım bir 4 sa kaynatılmıştır. Elde edilen kalıntı, krozedden süzölmüş ve etüv içerisinde alınarak 103 ± 2 °C'de kurutulmuştur. Lignin miktarı, başlangıçta kullanılan örnek ağırlığına oranla hesaplanmış olup 3 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

- %1 NaOH çözünürlüğü

Ağaç malzemeyi bozunduran çeşitli faktörler sonucunda malzemede oluşan degradasyonun derecesi belirlemek amacıyla 2 g tam kuru odun numunesinin üzerine 100 ml %1 NaOH'lik çözeltisi ilave edilmiştir. Numuneler 1 sa 80-90 °C sıcaklıktaki su banyosunda tutulmuş, süre bitiminde elde edilen çözelti süzölmüştür. Süzölen kalıntı, etüvde 103 ± 2 °C de kurutulmuştur. Kalıntı miktarına göre odun örneğinin çözünürlüğü hesaplanmıştır. Bu analiz her bir grup için 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir

2.3.5. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Fiziksel özelliklerin belirlenmesine ilişkin testler “KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Odun Koruma” laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Fiziksel analizler için ahşap numuneler standartlara uygun boyutlarda hazırlanmıştır. Aşağıdaki fiziksel testlere tabi tutulmuştur.

- Yoğunluk Tayini

Tarihi ahşap yapılardan temin edilen numunelerin ve kontrol kestane numunesinin yoğunlukları TS 2472 esaslarına göre belirlenmiştir. Standarda göre 20x20x30 mm boyutunda hazırlanan her yapıya ait 5 adet ahşap numunenin belli bir rutubet derecesinde ağırlıkları ve hacimleri tespit edilmiş ve tam kuru yoğunlukları bulunmuştur. Tam kuru haldeki yoğunluğun belirlenmesi için ahşap numuneler, kurutma fırınında değişmez ağırlığa ulaşana kadar 103 ± 2 °C de bekletilmiştir. Fırınlanan numunelerin tam kuru ağırlığı, tam kuru hacme oranlanmış ve tam kuru yoğunluk (g/cm^3) bulunmuştur. Numunelerin rutubet miktarları TS 2471'e (1976) uygun olarak, (6) numaralı eşitliğe göre hesaplanmıştır.

Tam kuru yoğunluk hesabı aşağıdaki eşitliğe (5) göre yapılmıştır.

$$D_0 = \frac{M_0}{V_0} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (5)$$

D_0 = tam kuru yoğunluk (g/cm³)

M_0 = tam kuru ağırlık (g)

V_0 = tam kuru hacim (cm³)

Numunelerin rutubet (%) hesabı eşitliğe (6) uygun şekilde hesaplanmıştır.

$$W = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (6)$$

W (%) : Rutubet miktarı

m_0 : Kurutmadan önce deney örneğinin ağırlığı (g)

m_1 : Kurutmadan sonra deney örneğinin ağırlığı (g)

- Su Alma Oranı Tayini

Tarihi ahşap yapılardan alınan ahşap numuneler ve kontrol kestane numunesi 20x20x30 mm (teğet, radyal, boyuna) boyutlarında hazırlanmıştır. Su alma oranları tespit edilecek olan kestane numunelerinin tam radyal ve tam teğet yönler içermesine önem gösterilmiştir. Analiz yapılmak üzere 9 grup tarihi ahşap numune ve kontrol numunelerinden 10'ar adet hazırlanmıştır. Ahşap numuneler toplamda iki hafta süreyle saf su içerisinde bekletilmiştir. Belirlenen (2sa, 6sa, 24sa ve her 48 saatte bir) sürelerde saf su değiştirilmiş olup deney 2 haftada (336sa) tamamlanmıştır. Her seferinde numuneler tartılıp boyutları yeniden ölçülmüştür. Her işlem sonunda numunelerin su alma oranları aşağıdaki formül (7) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$SAO (\%) = \frac{(M_2 - M_1)}{M_1} \times 100 \quad (7)$$

SAO: Su alma oranı (%)

M_1 : Başlangıç tam kuru ağırlık (g),

M_2 : Her süre sonunda sudan alınan numunenin ağırlığı (g)

2.3.6. Tahribatlı Test Yöntemleri ile Mekanik Direnç Özelliklerin Belirlenmesi

Çalışma sahasından alınan ve tahribatlı mekanik testler için standartlara uygun hazırlanan tarihi ahşap numuneler ile kontrol numuneleri, iklimlendirme odasında, sıcaklığın $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ve bağıl nemin $\%65\pm 5$ olduğu şartlarda değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bırakılmıştır. Mekanik testler yapılmak üzere hazır hale getirilen ahşap numuneler “KTÜ, Orman Endüstri Mühendisliği Odun Mekaniği” laboratuvarında aşağıdaki tahribatlı testlere tabi tutulmuştur.

- Dinamik Eğilme (Şok) Direnci

Mohr & Federhaff firmasına ait test makinesinde, her bir gruba ait 10 adet numune $20\times 20\times 250$ mm’lik boyutlar halinde hazırlanmış ve tahribatlı mekanik teste tabi tutulmuştur. Şok direnci ağaç malzemeye ani tesir eden dinamik kuvvetlere karşı koyma gücünü göstermektedir (Şekil 32). Yüksek şok direnci esnekliği, düşük şok direnci ise gevrekliği göstermektedir.

Şok direnci tayini, TS 2477 (1976) standardının esaslarında belirtildiği gibi yapılmıştır. Deney sonrasında dinamik eğilme (şok) direnci aşağıdaki formüle (8) göre tayin edilmiştir.

$$\alpha = \frac{A}{F} \left(kp \frac{m}{cm^2} \right) \quad (8)$$

α = Dinamik eğilme direnci ($kp \text{ m/cm}^2$)

A= İş miktarı ($kp \text{ m}$)

F= Numunenin enine kesit alanı ($bxh \text{ cm}^2$)



Şekil 32. Şok direnci testi (Aydoğan Selçuk, 2022)

- Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

Tahribatlı mekanik test yapılmak üzere odun örneklerinin boyutları TS 2474 (1976) standardına uygun 20x20x300 mm olacak şekilde hazırlanmış, “Zwick” markalı universal test makinesinde (Şekil 33) yapılmıştır. Teste tabi olan tüm örneklerin kalınlıkları ve genişlik dijital mikrometre ile ölçülmüştür. Deney sonucu, aşağıdaki eşitliğe (9) göre hesaplanmıştır.

Eğilme direnci;

$$\sigma_e = \frac{3xFxL_s}{2xbxd^2} \left(\frac{N}{mm^2} \right) \quad (9)$$

σ_e : Eğilme direnci (N/mm²)

F: Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

L_s : Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

d: Örnek kalınlığı (mm)

b: Örnek genişliği (mm)

Eğilmede Elastikiyet Modülü,

Eğilmede elastikiyet modülünün (E) belirlenmesinde TS 2478 (1976) standardına göre gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki formül (10) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$E = \frac{FxL_s^3}{4x\Delta e \times b \times d^2} \left(\frac{N}{mm^2} \right) \quad (10)$$

E: Elastikiyet modülü (N/mm²)

Δe : Eğilme miktarı (sehim) (mm)

F: Deformasyon sağlayan kuvvet (N)

L_s : Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

d: Örnek kalınlığı (mm)

b: Örnek genişliği (mm)



Şekil 33. Eğilme direnci testi (Aydoğan Selçuk, 2022)

- Liflere Paralel Basınç Direnci

Ahşap numuneler, “Losenhausen” model bir statik malzeme test makinesinde TS 2595 (1977) standardının esaslarına uygun basınç direnci testine tabi tutulmuştur. Bu standarda göre deney numunelerinin lif doğrultusundaki boyu 300 mm ve en kesit kenarları 20 mm olacak biçimde boyutlandırılmıştır. Her bir gruba ait numune sayısı 20 adet olarak belirlenmiştir. Deney hızı teste başladıktan 1,5±0,5 dakika sonra ezilme sınırına ulaşacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 34). Deneyi yapılan numunelerin liflere paralel basınç direnci aşağıdaki eşitlik (11) ile hesaplanmıştır.

$$\sigma_b = \frac{P_{\max}}{A} \left(\frac{N}{\text{mm}^2} \right) \quad (11)$$

σ_b : Basınç direnci N/mm²

$P_{\max}$: Kırılma anında uygulanan maksimum yük (N),

A: Numunenin enine kesit alanı (mm)



Şekil 34. Basınç direnci testi (Aydoğan Selçuk, 2022)

2.4. Böcek Teşhisi

Ağaç malzemenin içindeki rutubet, böceklerin gelişmesi için önemli olmakla birlikte artan rutubet miktarı ile gelişmeleri hızlanmaktadır (Berkel, 1972). Eski ahşap binalarda meşe, kestane, karaağaç, ceviz, kayına zarar veren delici kurtlar gelişebilmektedir (Unger vd, 2011). Böcek zararına maruz kalmış olan ağaç malzemeler üzerindeki böcek, uçuş delikleri, yenik delikleri ve odun öğüntülerinden zarara uğradığı belli olan numuneler yerinde incelenmiştir. Ergin böcekler, literatür çalışması sonucunda teşhis anahtarı kullanılarak tespit edilmiştir (Singh, 2006).

2.5. Tarihi Ahşap Yapıların Taşıyıcı Sistem ve Yapı Elemanlarına İlişkin Durum Değerlendirme

Yapının fonksiyonel davranışını, mevcut performansını analiz edilmesi beklenene performans değerleri ile mevcut değerlerin karşılaştırılmasına durum değerlendirme çalışmasının ortaya çıkmasına yardımcı olmaktadır. Yapı elemanları ve malzemeleri üzerinde meydana gelen bozulmaları gözle inceleyerek saptamak, bu zarara neden olabilecek etmenleri belirlemek, bu etmenlerin hangi koşullarda ortaya çıktığını araştırmak yapı durum değerlendirmenin temel yöntemlerinden birini oluşturmaktadır (Soikkeli, 2000). Diğer taraftan yapı elemanlarında çeşitli (biyolojik, kimyasal, çevresel, mekanik) etmenlere bağlı olarak meydana gelebilecek bozulmaları, bozulma nedenlerini, hangi şartlarda hangi bozulmaların olabileceğini açıklayan, bozulmanın derecesini belirten ve buna onarım önerileri sunan çalışmaların genel toplamını içermektedir. Hasar belirleme sistemi sırasıyla; gözle görülebilen hasarın tanınması, bulunan hasara neden olabilecek bozulma yönteminin belirlenmesi, bozulma yöntemine neden olabilecek şartların analiz edilmesi, araştırma tekniğinin ve ortaya çıkan sonuçların ispatlanması gibi evrelerden oluşmaktadır (Lay, 2003).

Tarihi ahşap yapılarda, ahşap elemanlar üzerinde yapılan gözlemsel incelemeler sonucunda yapı elemanlarının ve ağaç malzemenin mevcut durumuna ilişkin bazı bilgilere ulaşılmıştır. Malzemelerin bozulma derecelerine karşılık gelen numaralar aşağıda açıklanmıştır. Yapısal sistemde görünür kusur olmaması “sağlam”; yapısal sistemin taşıyıcılığını etkilemeyen, malzeme eskimesi boyutundakiler “az hasarlı”; çürüme, yıpranma, parça kopması, böcek tahribatı gibi yapı elemanlarının bozulmasını “orta derecede hasarlı”; yapısal sistemde direnç kayıpları, boyut değişiklikleri “çok hasarlı”; yapısal sistemin taşıyıcılık özelliğini kaybetmesi “harabe (yıkıma sebep)” olarak değerlendirilmiştir (Çobanoğlu, 1998).

Durum derecesi 0: Sağlam

Durum derecesi 1: Az hasarlı

Durum derecesi 2: Orta derecede hasarlı

Durum derecesi 3: Çok hasarlı

Durum derecesi 4: Harabe

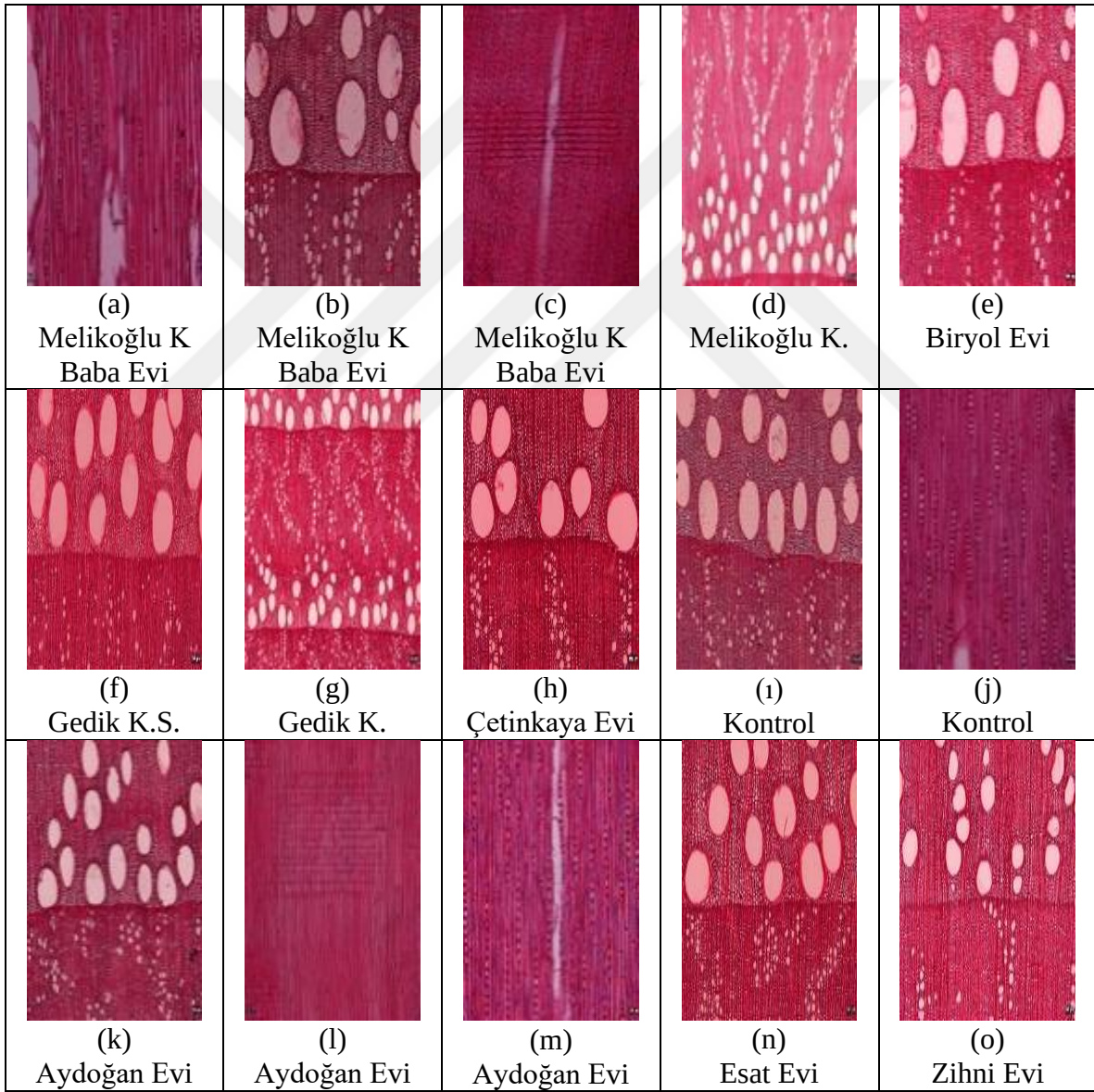
2.6. İstatistiksel Analizler

Tarihi ahşap yapıların taşıyıcı elemanları üzerinde yapılan tahribatsız direnç ölçümleri üzerinde cephelerin etkisi IBM SPSS 29.0 istatistik paket programı kullanılarak ve % 95 güven düzeyi esas alınarak Tek Yönlü Anova testi ile analiz edilmiştir. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla ahşap yapıların cephelerindeki taşıyıcı elemanların tahribatsız test değerlerinin ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının belirlenmesi üzerine Tukey testi yapılmıştır. Ahşap yapılar üzerinde yapılan tahribatsız test ölçümlerinin, cepheye göre ortalama farklılıkları belirlemek amacıyla Dunnett testi yapılmıştır. Ölçülen değerlerin cepheler üzerinde istatistiksel anlamda önemli olması durumunda homojenlik grupları tespit edilerek gruplar arası karşılaştırma gerçekleştirilmiştir. Tarihi ahşap yapılardan elde edilen anatomik sonuçlara basit varyans analizi ve çoklu karşılaştırma analizleri yapılmış olup deney grupları arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Bunun sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi faktörler arasında olduğunu belirlemek üzere anatomik sonuçlara Tukey testi yapılmıştır. Homojenlik grupları harflendirme ile ilgili tablolarda verilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Ağaç türü ve Anatomik Özelliklere İlişkin Bulgular

Tarihi ahşap yapılardan alınan kesitlerin, hazırlanan preparatları üzerinde yapılan anatomik incemeler doğrultusunda bazı tespitler ortaya konmuştur. Yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda odun numunelerinin, kestane ağacına ait olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 35. Tarihi Ahşap yapılardan alınan numunelerin mikroskobik fotoğrafları (b, d, e, f, h, i, k, n, o): enine kesit, (c, l): radyal kesit, (a, j, m):teğet kesit. - Ölçekler: (d, g,) = 250 μ m, (b, e, f, h, i, k, n, o) = 100 μ m, (a, c, j, l, m)= 50 μ m.

Yapılan incelemeler sonucunda numunelere ait mikroskopik bulguların görüntüleri elde edilmiş ve Şekil 35'te verilmiştir. Işık mikroskobu ile yapılan gözlemler sonucunda tarihi ahşap yapılardan enine kesit, radyal ve teğetsel kesitler elde edilmiştir. Çalışma sahasının bulunduğu bölgelerde kestane ağacı yaygın olarak yetişmektedir. Bununla birlikte geleneksel ahşap yapının inşasında da tercih edildiği bilinmektedir. Tarihi yapılardan temin edilen numunelerin görüntüsü, yeni kestane numunesiyle karşılaştırılmıştır. Enine kesit görüntülerinde büyüme halkalarının sınırlarının belirgin olduğu görülmektedir. Apotrahel paransima dağınık, paratrahel paransimanın yer yer kesik olduğu (Şekil 35 b,d,e,f,g,h,i,k,n,o), özışınların tek hücreli (Şekil 35 a,j,m) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 9. Tarihi ahşap yapılara ait numunelerin anatomik karakterlerinin ortalamaları

Yapı Adları	İOTTÇ (μm)	İOTRÇ (μm)	YOTTÇ (μm)	YOTRÇ (μm)	ORTTTÇ (μm)	ORTTRÇ (μm)
Melikoğlu K.	202,52 (37,07)*	257,36 (39,79)	49,26 (17,82)	53,96 (19,31)	125,89 (19,35)	155,66 (23,45)
Melikoğlu K. Baba Evi	187,41 (98,55)	229,34 (112,08)	52,22 (12,44)	65,71 (16,85)	119,81 (50,33)	147,53 (56,04)
Biryol Evi	171,65 (78,66)	212,75 (98,68)	36,23 (8,68)	43,63 (13,45)	103,94 (38,54)	128,19 (48,20)
Gedik K.	173,51 (73,38)	205,16 (75,28)	40,61 (11,21)	47,14 (18,59)	107,06 (36,82)	126,15 (38,07)
Gedik K.Serender	171,76 (32,06)	260,66 (53,24)	40,72 (11,09)	52,97 (15,65)	106,24 (17,74)	156,81 (28,29)
Çetinkaya Evi	171,76 (73,38)	200,77 (75,28)	46,52 (11,21)	59,89 (18,59)	109,14 (36,82)	130,33 (38,07)
Aydoğan Evi	137,93 (41,79)	158,68 (43,91)	32,62 (7,85)	32,86 (8,76)	85,28 (21,19)	95,77 (23,05)
Zihni Evi	114,50 (36,36)	149,78 (44,74)	42,91 (9,12)	49,01 (12,44)	78,71 (19,45)	99,40 (24,73)
Esat Evi	182,81 (54,43)	211,43 (64,73)	30,65 (9,05)	33,85 (10,13)	106,73 (27,22)	122,64 (32,21)
Kontrol	164,20 (32,72)	232,42 (48,37)	49,37 (12,11)	67,47 (17,86)	106,79 (17,55)	149,95 (26,80)

Ahşap yapılardan elde edilen numunelerin enine, teğet ve radyal kesitleri üzerinde anatomik özellikleri incelenmiştir. Numunelerin ilkbahar odunu trahe radyal (İOTRÇ) (μm) ve teğet çaplarının (İOTTÇ) (μm) ortalama değerleri, yaz odunu trahe teğet (YOTTÇ) (μm)

ve radyal çaplarının (YOTRÇ) (μm) ortalama değerleri ile ortalama trahe radyal (ORTTRÇ) (μm) ve teğet çapları (ORTTTÇ) (μm) belirlenmiştir (Tablo 9).

Kestane, halkalı traheli ağaçlar arasında yer almaktadır. Yaz odunu traheleri küçük çaplı, trahe düzenleri tek tek dağılmış olup ilkbahar odunu traheleri büyük çaplıdır. (Şekil 35a, Şekil 35b). Tablo 9’da görüldüğü üzere ortalama trahe radyal çapı ($156,81 \mu\text{m}$) en büyük Gedik K. Serenderden elde edilirken en küçük çap Aydoğan Evinden alınan numunelerden ($95,77 \mu\text{m}$) elde edilmiştir. Diğer taraftan ortalama trahe teğet çapı en büyük Melikoğlu Konağından alınan örneklerden ($125,89 \mu\text{m}$) elde edilirken en küçük çap ($85,28\mu\text{m}$) Aydoğan Evinden alınan numuneden tespit edilmiştir. Gedik Konağı Serenderinin ilkbahar odunu trahe radyal çapının ($260,66 \mu\text{m}$), teğet çaptan ($171,76 \mu\text{m}$) ve yaz odunu trahe radyal çapının ($52,97 \mu\text{m}$) teğet çaptan ($40,72 \mu\text{m}$) daha büyük olduğu belirlenmiştir. Aydoğan Evinden alınan örneklerde ilkbahar odunu trahe radyal çapının ($158,68 \mu\text{m}$) teğet çaptan ($137,93 \mu\text{m}$) daha büyük olduğu ve yaz odunu trahe radyal çapının ($32,86 \mu\text{m}$) teğet çaptan ($32,62 \mu\text{m}$) büyük olduğu bulunmuştur. Tarihi yapılardan elde edilen veriler yeni (kontrol) kestane numunesinden elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. İlkbahar odunu trahe radyal çapının $232,42 \mu\text{m}$ teğet çapının $164,20\mu\text{m}$ olduğu, yaz odunu trahe radyal çapının $149,95 \mu\text{m}$ ve teğet çapının $106,79 \mu\text{m}$ olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan Kolmogorov-Smirnov testine göre İOTRÇ, ORTTTÇ, ORTTRÇ değişkenleri normal dağılım göstermiştir. ($p>0,05$) Normal dağılan değişkenler için gruplar arasındaki farklılıklar ANOVA (One way) testine göre belirlenmiştir.

Tablo 10. İOTRÇ, ORTTTÇ, ORTTRÇ ait değerlerin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ort.	F hesap	Önem Derecesi
İOTRÇ	Gruplar arası	363202,226	9	40355,803	8,318	,000
	Gruplar içi	1406958,243	290	4851,580		
	Toplam	1770160,469	299			
ORTTTÇ	Gruplar arası	53368,676	9	5929,853	6,377	,000
	Gruplar içi	269654,837	290	929,844		
	Toplam	323023,513	299			
ORTTRÇ	Gruplar arası	126627,680	9	14069,742	11,154	,000
	Gruplar içi	365794,632	290	1261,361		
	Toplam	492422,312	299			

Yapılan basit varyans analizi sonuçlarına göre İOTRÇ, ORTTTÇ, ORTRÇ değişkenleri bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılık olduğu tespit

edilmiştir ($p<0,05$). İOTRÇ, ORTTTÇ, ORTRÇ değişkenleri için önem derecesi değerleri aşağıdaki tabloda (Tablo 10) verilmiştir.

Tukey testine göre İOTRÇ, ORTTTÇ, ORTTRÇ değişkenlerinin ikili karşılaştırmaları aşağıda tablolar halinde verilmiştir. İOTRÇ değişkenine ait Tablo 11’de dört farklı homojenik grup tespit edilmiştir. Tablo 11’de görüldüğü üzere Zihni Evine ait örnek gruplarının en düşük (149,78) ortalamaya sahip olduğu ancak Gedik Serendere ait örnek gruplarının en büyük (260,65) İOTRÇ ortalamasına sahip olduğu bulunmuştur. Aralarında istatistiksel bakımdan anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 11. Ahşap yapılardan alınan numunelere ait İOTRÇ değerlerinin varyans kaynaklı ortalamalarının Tukey testi sonuçları

İOTRÇ	N					HG*
		1	2	3	4	
Zihni Evi	30	149,7803				A
Aydoğan Evi	30	158,6814	158,6814			A B
Çetinkaya Evi	30	200,7693	200,7693	200,7693		A B C
Gedik K.	30	200,7693	200,7693	200,7693		A B C
Esat Evi	30		211,4285	211,4285	211,4285	B C D
Biryol Evi	30		212,7473	212,7473	212,7473	B C D
Melikoğlu-Baba Evi	30			229,3406	229,3406	C D
Kontrol (yeni kestane)	30			232,4177	232,4177	C D
Melikoğlu K.	30			257,3626	257,3626	C D
Gedik Serender	30				260,6593	D

*Farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğunu belirtmektedir.

ORTTTÇ değişkenine ait Tablo 12’de üç farklı homojenik grup tespit edilmiştir. Tablo 12’de görüldüğü üzere Zihni Evine ait örnek grupları en düşük (78,70) ortalamaya sahipken, Melikoğlu Konağına ait örnek gruplarının en büyük (125,88) ORTTTÇ ortalamasına sahip olduğu belirlenmiş ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 12. Ahşap yapılardan alınan numunelere ait ORTTTÇ değerlerinin varyans kaynaklı ortalamalarının Tukey testi sonuçları

ORTTTÇ	N	1	2	3	HG*		
Zihni Evi	30	78,7083			A		
Aydoğan Evi	30	85,2765	85,2765		A	B	
Biryol Evi	30		103,9410	103,9410		B	C
Gedik Serender	30		106,2398	106,2398		B	C
Esat Evi	30		106,7325	106,7325		B	C
Kontrol (yeni kestane)	30		106,7871	106,7871		B	C
Çetinkaya	30		109,1407	109,1407		B	C
Gedik K.	30		109,1407	109,1407		B	C
Melikoğlu-Baba Evi	30			119,8139			C
Melikoğlu K.	30			125,8894			C

*Farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğunu belirtmektedir.

Tablo 13'te elde edilen analiz sonuçlarına göre ORTTRÇ değişkenine ait dört farklı homojenik grup oluşmuştur. Buna göre Aydoğan Evine ait örnek gruplarının en düşük (95,76) ortalamaya sahip olduğu bulunmuştur. Gedik Serendere ait örnek gruplarının ise en büyük (156,81) ORTTRÇ ortalamasına sahip olduğu ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 13. Ahşap yapılardan alınan numunelere ait ORTTRÇ değerlerinin varyans kaynaklı ortalamalarının Tukey testi sonuçları

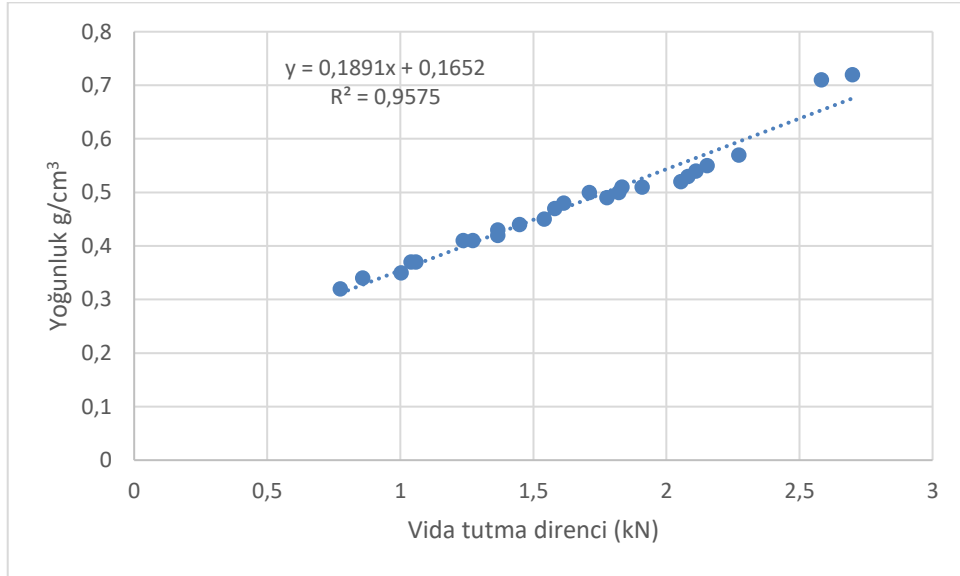
ORTTRÇ	N					
		1	2	3	4	HG*
Aydoğan Evi	30	95,7693				A
Zihni Evi	30	99,3956	99,3956			A B
Esat Evi	30	122,6373	122,6373	122,6373		A B C
Biryol Evi	30		128,1869	128,1869	128,1869	B C D
Çetinkaya Evi	30			130,3297	130,3297	C D
Gedik K.	30			130,3297	130,3297	C D
Melikoğlu-Baba Evi	30			147,5275	147,5275	C D
Kontrol (yeni kestane)	30			149,9451	149,9451	C D
Melikoğlu K.	30				155,6594	D
Gedik Serender	30				156,8132	D

*Farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğunu belirtmektedir.

3.2. Tahribatsız Testlere İlişkin Kalibrasyon Eğrilerinin Hesaplanması

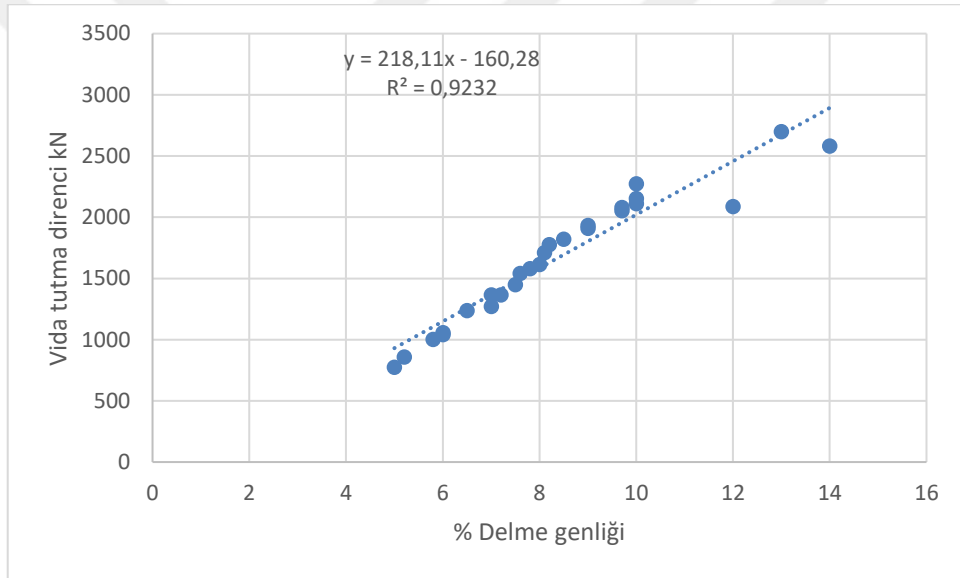
Tahribatsız test yöntemleri ile elde edilen direnç değerleri ve bu sonuçlara göre tespit edilen direnç sınıflarının güvenilirliğinin ortaya konulabilmesi önem taşımaktadır. Bu sebeple tahribatlı test yöntemleri ile elde edilen gerçek direnç değerleri ile tahribatsız testlerle elde edilen sonuçlar kıyaslanarak aralarındaki korelasyonun açıklanması gerekmektedir.

Vida tutma direnci değerleriyle yoğunluk değerleri arasında doğrusal/güçlü bir korelasyon bulunmaktadır (McLain, 1997; Ceraldi vd., 2001; Cai vd., 2003; Kloiber vd., 2014; Montón Lecumberri vd., 2015; Brunetti vd., 2023). Bu tez kapsamında da vida tutma direnci ile yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon belirlenmiş ve vida tutma direnci verileriyle ağaç malzemelerin tahmini yoğunluk değerlerinin hesaplanabilmesi için korelasyon denklemi ortaya konmuştur (Şekil 36). Yoğunluk ve vida tutma direnci arasındaki ilişkinin oldukça güçlü olduğu tespit edilmiştir ($R^2=0,9575$). Bu sayede, bu tez kapsamında incelenen tarihi yapılarda incelenen taşıyıcıların yoğunlukları tespit edilen korelasyon formülü ($\text{yoğunluk} = 0,1891 \times (\text{vida tutma direnci}) + 0,1652$) ile hesaplanarak tahmin edilmiştir.



Şekil 36. Yoğunluk ve vida tutma direnci arasındaki korelasyon eğrisi ve korelasyon formülü

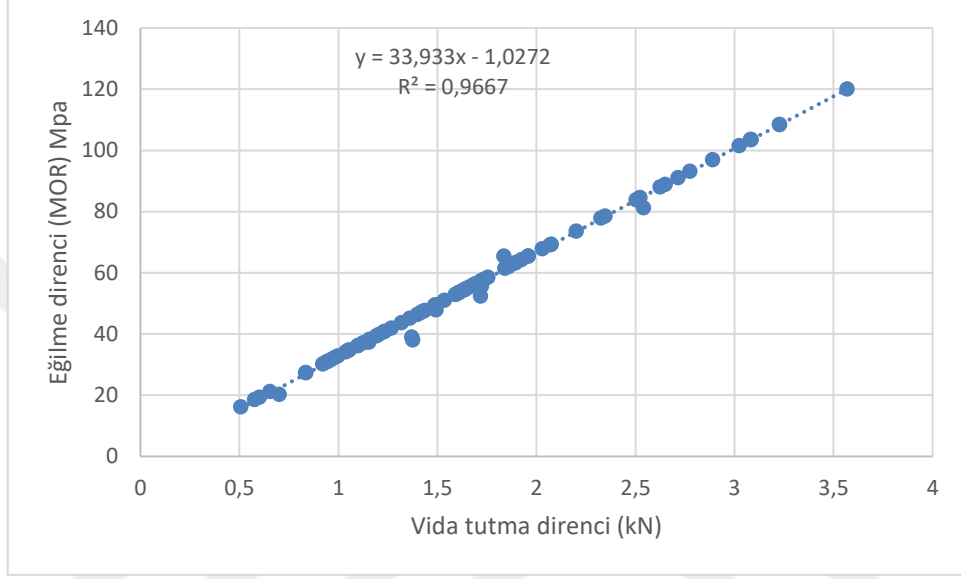
Tarihi ahşap yapılarda, ölçülen vida tutma direnci değerleriyle delme genliği % (rezistograf) sonuçları arasında doğrusal/güçlü bir korelasyon bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında vida tutma direnci ile delme genliği değerleri arasındaki korelasyon belirlenmiş olup tarihi yapılarda incelenen taşıyıcıların delme genliği verileriyle ağaç malzemenin tahmini vida tutma direnci değerlerinin hesaplanabilmesi için korelasyon denklemi belirlenmiştir (Şekil 37). Delme genliği ve vida tutma direnci arasındaki ilişkinin ($R^2=0,9232$) oldukça güçlü olduğu tespit edilmiştir. İncelenen tarihi yapılarda taşıyıcıların vida tutma direnci tespit edilen korelasyon formülü (vida tutma direnci = $218,11X$ (% delme genliği) - $160,28$) ile hesaplanarak tahmin edilmiştir.



Şekil 37. Vida tutma direnci ile % Delme genliği arasındaki korelasyon

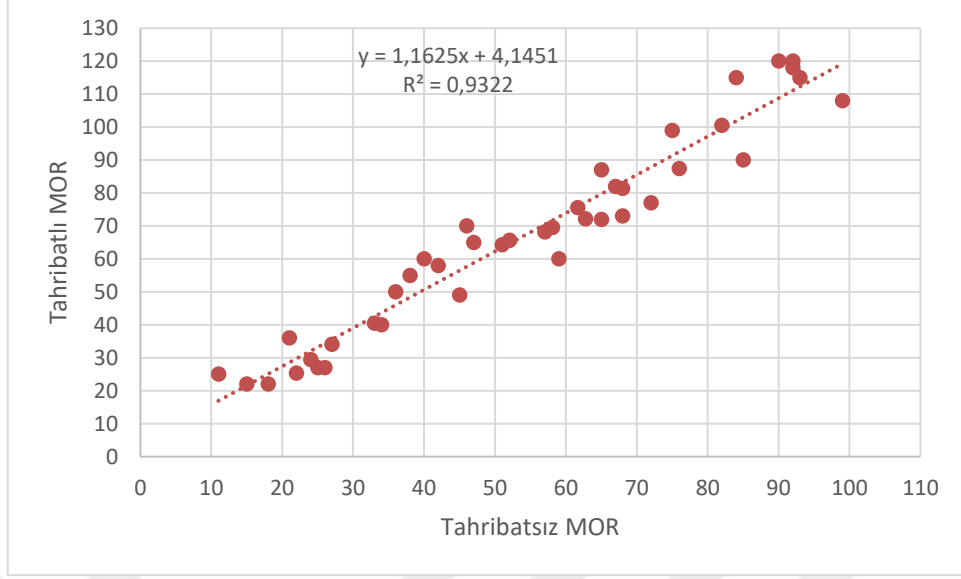
Tarihi yapılarda incelenen taşıyıcıların eğilme dirençleri Şekil 38’de (Ross vd., 1992; Fakopp manuel, 2010) tahmin edilmiştir. Tahribatsız tekniklerin uygulanabilmesi için tahribatsız parametreler ile ağaç malzemenin mekanik özellikleri arasında bir ilişkinin ortaya konması gerekmektedir (Kasal & Anthony, 2004). Bu çalışma kapsamında da ahşap yapılardan elde edilen ölçümlerden elde edilen veriler ile korelasyon olup olmadığı tespit edilmiş ve bu amaçla korelasyon eğrileri ve formülleri ortaya konmuştur. Bu tez kapsamında da vida tutma direnci ile yoğunluk değerleri arasındaki korelasyon belirlenmiş ve vida tutma direnci verileriyle ağaç malzemelerin tahmini eğilme direncinin hesaplanabilmesi için korelasyon denklemi ortaya konmuştur (Şekil 38). Vida tutma direnci ve MOR arasındaki

ilişkinin oldukça güçlü olduğu tespit edilmiştir ($R^2=0,9667$). Bu sayede, bu tez kapsamında incelenen tarihi yapılarda incelenen taşıyıcıların vida tutma dirençleri tespit edilen korelasyon formülü ($MOR= 33,933 X (\text{vida tutma direnci} - 1,0272)$) ile hesaplanarak tahmin edilmiştir



Şekil 38. Eğilme direnci (MOR) ve vida tutma direnci arasındaki korelasyon

Ahşap yapılar üzerinde yapılan tahribatsız değerlendirme sonuçlarıyla, tahribatlı yöntemlerle elde edilen sonuçların karşılaştırılmış olup arasındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda ahşap yapılardan elde edilen ölçümlerin verileri ile korelasyon olup olmadığı tespit edilmiştir. Korelasyon eğrileri ve formülleri ortaya konmuştur. Şekil 39’da görüldüğü üzere ahşap yapılardan tahribatsız test yöntemleriyle elde edilen değerler üzerinden tahmini tahribatlı MOR değerlerinin hesaplanabilmesi amacıyla korelasyon denklemi oluşturulmuştur. Elde edilen değerler arasında çok kuvvetli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda tahribatsız MOR ve tahribatlı MOR değerleri arasındaki ilişkinin oldukça güçlü olduğu tespit edilmiştir ($R^2=0,9322$). Tez kapsamında incelenen tarihi yapılarda incelenen tahribatsız MOR değerleriyle tespit edilen korelasyon formülü ($\text{tahribatlı MOR} = 1,1625 X (\text{tahribatsız MOR}) + 4,1451$) ile hesaplanarak tahmin edilmiştir. Bununla ilgili literatürde yapılmış çalışmalarla karşılaştırıldığında Chen & Guo (2017) de tahribatsız MOR ve tahribatlı MOR arasındaki ilişkiyi tespit etmiş ve korelasyonu $R^2=0,597$ olarak bulmuş, Faggiona vd., (2011) ise $R^2=0,76$ olduğunu bildirmiştir.



Şekil 39. Tahribatlı eğilme direnci (MOR) ve Tahribatsız eğilme direnci (MOR) arasındaki korelasyon

3.3. Çalışma Sahası I - Çamlıhemşin İlçesi Konaklar Mahallesi'ndeki Tarihi Ahşap Yapıların Mevcut Durum Yapı Elemanlarının Performanslarının Değerlendirilmesi

Bu çalışma sahasında üç ahşap yapı incelenmiştir. Bu yapıların mevcut durumları ve yapı sistemlerine ilişkin bulgular sırasıyla aşağıda ele alınmıştır.

3.3.1. Melikoğlu Konağı

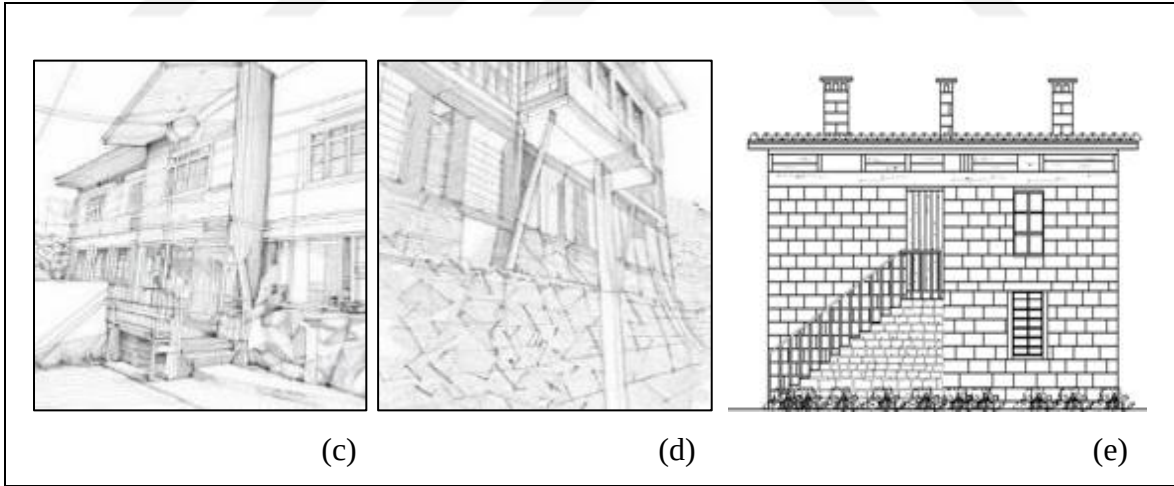
Rize ili Çamlıhemşin ilçesi Konaklar mevkiinde bulunan 200-250 yıllık geçmişe sahip olan Melikoğlu Konağı, 515,25 m yükseltide ve K 41°1'53.7056"-D 41°0'39.1680" koordinatlarında bulunmaktadır. Ev yaz aylarında kullanılmakta, kışın kullanılmamaktadır.

Konağın bodrum katının yığma taş temeli üzerine ahşap çatki sistemi kullanılmıştır. Zemin katta ahşap sistemin cephede oluşturduğu kare boşluklar (göz dolgu sistemi) taş dolguyla tamamlanmıştır. Yapının göz dolgu tekniğinde kullanılan ahşap dikmeler, aynı zamanda kiriş görevi de görmektedir. Cephelede alt kat ve ana kat farklı biçim ve malzeme özellikleri göstermektedir. Bir üst kat göz dolgusu sistemi yerine ahşap yığma sistemi olan ahşap cephe kaplamasıyla yapılmıştır. Geleneksel ahşap yapılarda çatı kaplama malzemesi alaturka kiremidin yanı sıra ahşap çatı örtüleri (kalas, tahta, ince tahta kaplama), taş çatı örtüleri, saz ve oluklu kiremit gibi kaplama malzemeleri de kullanılmaktadır (Sözen & Eruzun, 1992). Melikoğlu Konağında eğimli üst örtü, kırma çatı (dört omuz) uygulamasıyla

yapılmış, oluklu kiremit ile kaplanmıştır. Tarihi Konağın güney (a) ve kuzey (b) yönlerine bakan cephe görüntüleri Şekil 40'ta güney (c), batı (d) ve doğu (e) yönlerine ait çizimler Şekil 41'de verilmiştir.

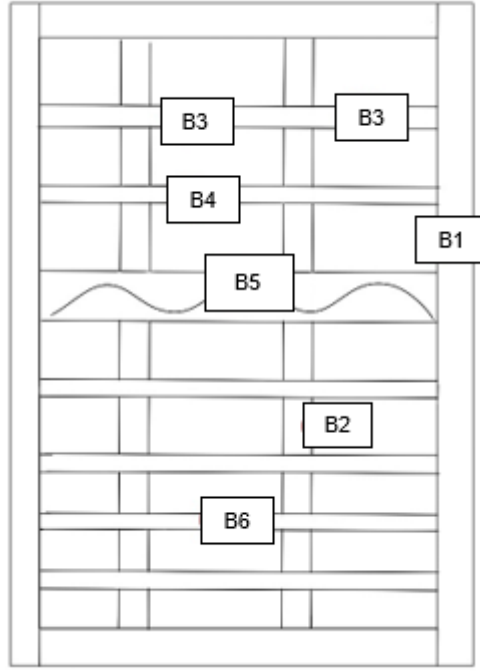


Şekil 40. Melikoğlu Konağı; (a) Güney görünüş, (b) Kuzey görünüş (Aydoğan Selçuk, 2021)

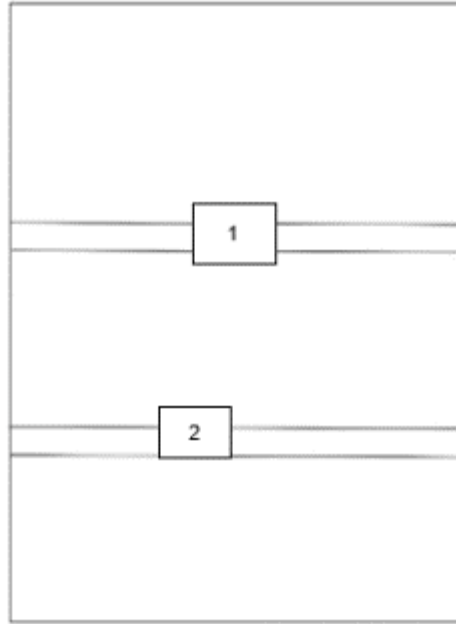


Şekil 41. Melikoğlu Konağı'nın sırasıyla (c) güney (d) batı ve (e) doğu cephe görünüş çizimleri

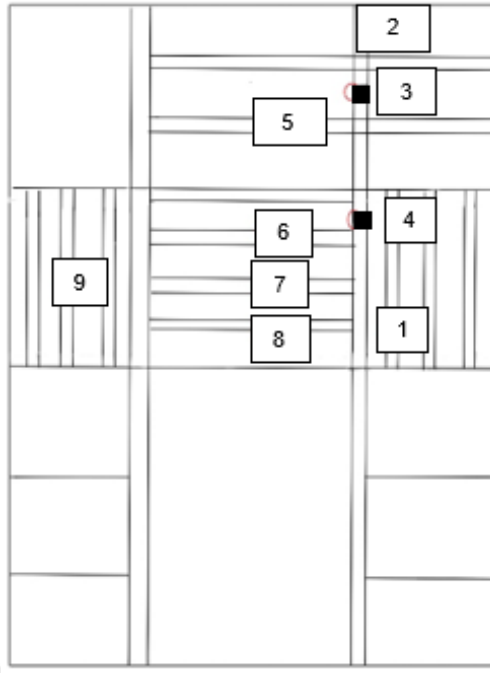
Melikoğlu Konağında, tahribatsız testlerin yapıldığı kirişlerin veya dikmelerin görünüşü ve yerleri numara verilerek Şekil 42-46' da belirtilmiştir.



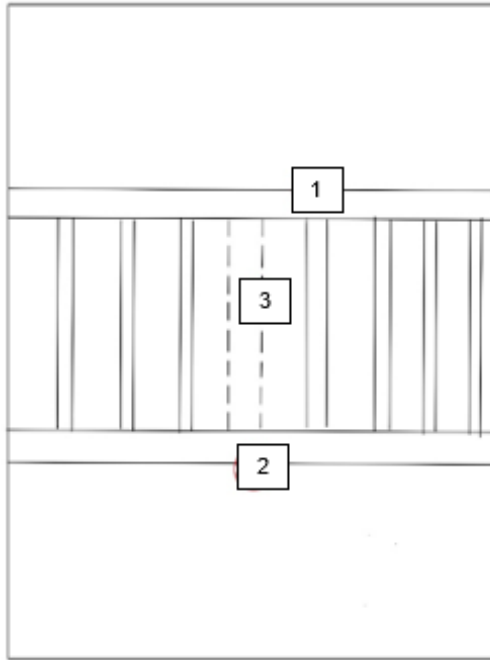
Şekil 42. Melikoğlu Konağının bodrum kat tavan taşıyıcıları



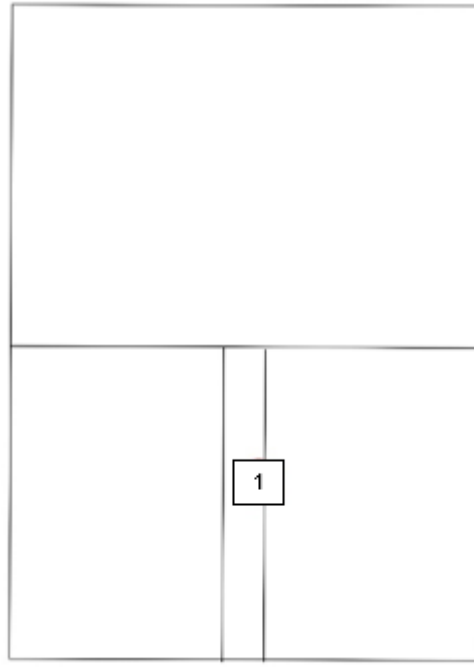
Şekil 43. Melikoğlu Konağının kuzey dış cephe kirişleri



Şekil 44. Melikoğlu Konağının zemin kat içi taşıyıcıları



Şekil 45. Melikoğlu Konağının güney dış cephe taşıyıcıları



Şekil 46. Melikoğlu Konağı batı dış cephe dikme

Melikoğlu Konağına ilişkin elde edilen bulgular, ilgili başlıklar altında aşağıda verilmiştir.

- Görsel İncelemelere İlişkin Bulgular

Dış ortam koşullarının etkisine maruz kalan Melikoğlu Konağının taşıyıcı sisteminin ahşap yapı elemanlarının görsel durum derecelendirme sonuçları (Tablo 14) verilmiştir. Derecelendirilmiş değerlendirme, ağaç malzemenin en iyi durumundan (Yapılan Çalışmalar 2.5) en kötü durumuna doğru yapılmıştır.

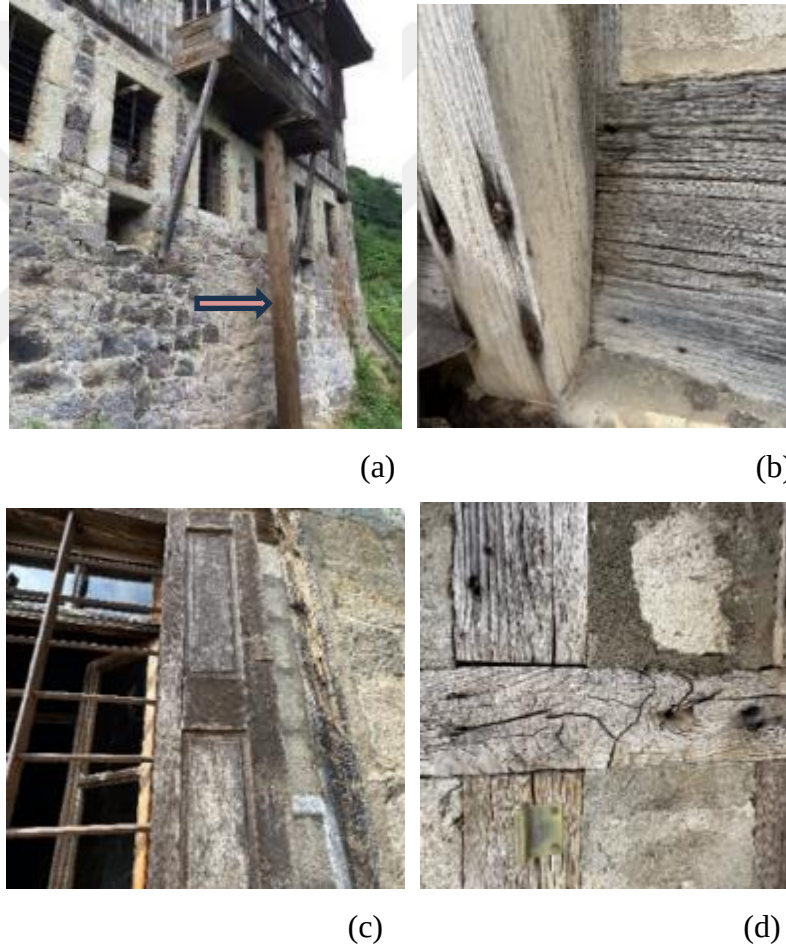
Tablo 14. Melikoğlu Konağının dış cephe durum değerlendirmesi

Ağaç malzemenin ve Yapısal Bozulma Durumlarının Değerlendirilmesi									
Taşıyıcı Elemanlar							Yapı elemanları		
Duvar sistemi		Diğer elemanlar		Üst örtü			Kapı	Pencere	Merdiven
Ahşap	Dolgu	Kiriş	Dikme	Kaplama	Konstrüksiyon	Saçak			
2	2	2	2	4	4	4	2	2	-*

*Yapıda ahşap yapı elemanının bulunmadığını göstermektedir.

Çalışma kapsamında belirlenen ve restorasyonu yapılacak olan Melikoğlu Konağında, restorasyon öncesi mevcut durum-tespiti görsel incelemeler yoluyla yapılmış ve bu tespitler Şekil 47’de açıklanmıştır. Yapılan incelemelerde uzun yıllar boyunca dış havayla temas

halinde olan ahşap yapının yüzeyinde çevresel faktörler (yağmur, kar, dolu, rüzgâr, UV vb.) etkisiyle bozulmalar olduğu tespit edilmiştir. Şekil 47 (c, d)'de yağışlar ve rüzgâr gibi atmosferik şartların ağaç malzeme yüzeyinde erozyona sebep olduğu belirlenmiştir. Ağaç malzemenin rutubet almasına veya vermesine bağlı olarak genişlemesi ve daralmasından kaynaklanan yüzey çatlaklı ve gümüş-gri renk tonlarında bir görünüm elde edildiği tespit edilmiştir. Güneşin zararlı (UV ışını) etkilerine maruz kalan ağaç malzemede yıllar içerisinde renk değişikliği olduğu gözlenmiştir. Şekil 47 (b)'de rutubetli malzemenin, metal elemanlarla birleşim yerlerinde kimyasal bozulma olduğu bunun sonucunda korozyon meydana geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 47. Melikoğlu Konağında görsel incelemeler: (a) Batı cephesine ait ahşap taşıyıcı dikme görüntüsü, (b) Ağaç malzemede gözlemlenen renk değişikliği ve korozyon, (c) Pencere kanatlarında dış hava şartlarının etkisi, (d) UV degradasyonu ve böcek tahribatı görüntüsü, (e) Taşıyıcı ahşap dikmede oluşan çatlak ve yarıлма, (f) Bodrum kat tavan taşıyıcı kirişlerinin görüntüsü

(Şekil 47'nin devamı)



(e)

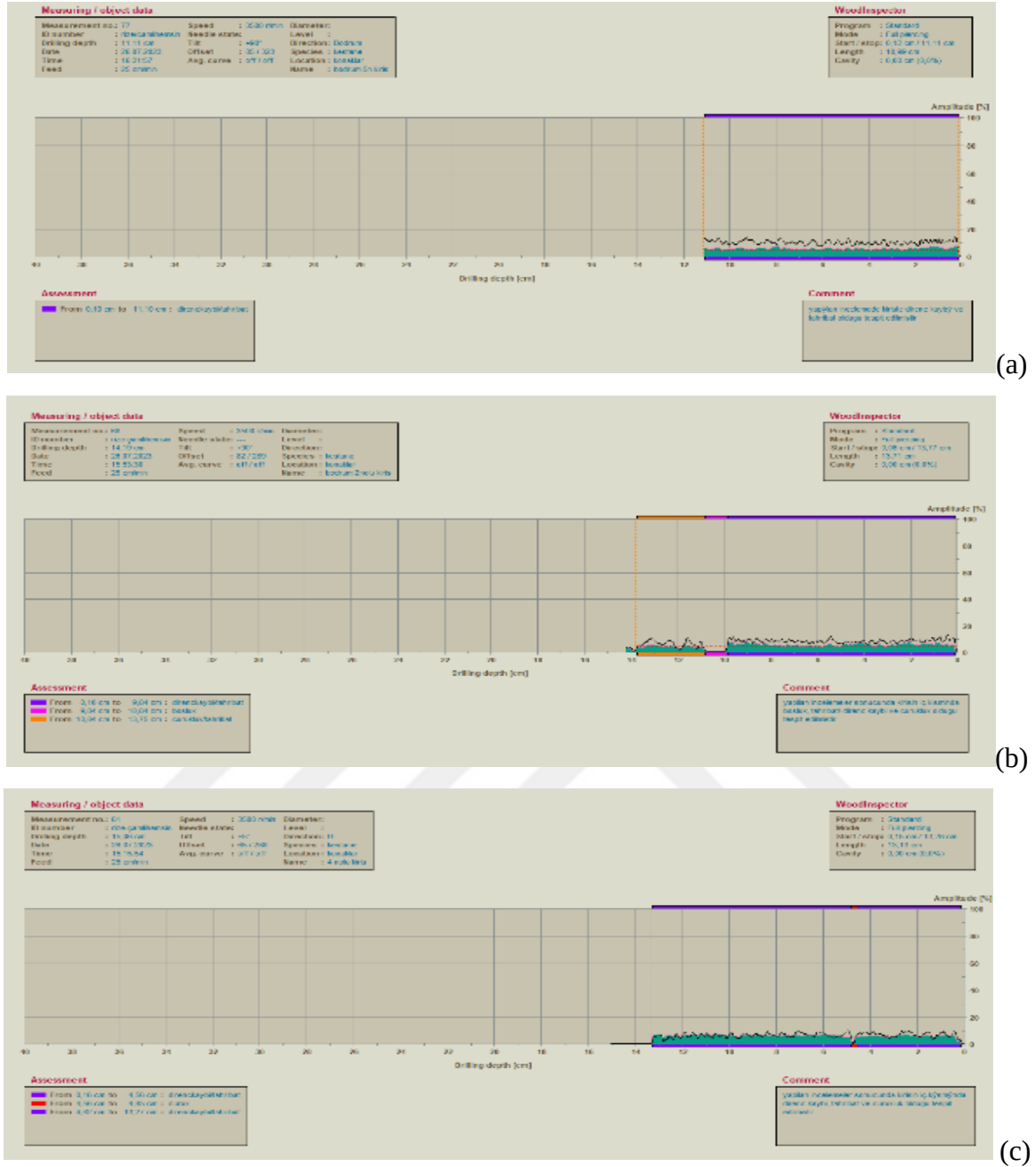
(f)

Şekil 47 (a)'de ahşap yapının batıya bakan cephesinde, ahşap cumbaya taşıyıcı görevi görmesi amacıyla destek amaçlı sonradan yerleştirilen ahşap dikmede ileri derece çürüklük ve yoğun böcek tahribatı gözlenmiştir. Boylu boyunca (dikme boyunca) derin çatlakların olduğu, bu bilgiler ışığında ve EN 14081-1, (2005) belirtildiği üzere ahşap dikmenin, taşıyıcılık görevinde yetersiz kaldığı (sağlam olmadığı) tespitinde bulunulmuştur. Şekil 47 (e)'de taşıyıcı dikmede oluşan çatlakın görüntüsü verilmiştir. Şekil 47 (f)'de ahşap yapının bodrum kat tavan taşıyıcı kirişlerinde su almaya bağlı mantar tahribatı olduğu buna bağlı renk değişikliği olduğu gözlenmiştir. Diğer taraftan taşıyıcı kirişlerin birinde kirişin yönünde uzunlamasına çatlak olduğu belirlenmiştir. Bu kirişin kalınlığı 47 cm, mevcut çatlak uzunluğu 70 cm ve çatlak genişliği 1,50 cm olarak ölçülmüştür. Çatlak kiriş kalınlığı boyunca ilerlememektedir. Bu sebeple EN 14081-1, (2005) standardının esasına göre bu ölçümler kirişin taşıyıcılık özelliğini koruduğunu bildirmektedir.

- Tahribatsız Testlere İlişkin Bulgular

Delme Direnci

Çalışma kapsamında delme cihazıyla yapılan incelemeler sonucunda bazı ahşap kiriş ve dikmelerin iç kısımlarında tahribat, çürüklük, çatlak/boşluk olduğu tespit edilmiştir. Melikoğlu Konağının kuzey, güney ve batı yönlerine bakan dış cephelerindeki ahşap kiriş ve dikmelerdeki ve bodrum katla, mutfak tavan kirişlerindeki iç kusur ve bozulmaların tespiti rezistograf cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Delme cihazıyla yapılan incelemelerden birkaçına ait rezistograf çıktıları Şekil 48'de verilmiştir.



Şekil 48. Melikoğlu Konağında delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler

Düşük delme direncine sahip bölgeler, daha düşük yoğunluğa sahip alanlar olarak tanımlanırken, yüksek delme direncine sahip bölgeler daha yüksek yoğunluğun olduğu bölgeleri temsil etmektedir. Çürümüş bölgeler, boşluklar, çatlaklar ve yarıklar düşük delme direncini işaret etmektedir (Iiharco vd., 2015). Elde edilen bulgulara göre (Şekil 48), yüksek pikler sağlam bölgeyi, elde edilen daha düşük pikler ise çürümeyi, çatlakları, boşlukları veya tahrip olmuş bölgeleri göstermektedir. Buna göre Şekil 48 (a)'da kirişin iç kısımlarında ileri derecede tahribat (çürüklük zonu veya böcek tahribatı) olduğu belirlenmiştir. Şekil 48 (b) ve

(c)'deki kirişlerde görüldüğü üzere, rezistograf profilindeki ani düşüş malzemenin iç kısmında çürümeden ya da tahribata bağlı boşluk olduğunu göstermekte, bu durumun ise bu kısımlarda yüksek direnç kayıplarının olduğunu işaret etmektedir. Çürümenin ilk aşamalarında dahi eğilme direnci güçlü bir şekilde etkilenebilmektedir. Wilcox (1978) kahverengi çürüklük mantarının (*Serpula lacrymans*) arız olduğu ahşap bir kirişin, çürümenin başlangıç safhasındayken, ahşap yoğunluğunun yalnızca %10'unu kaybetmesine neden olduğu bir durumda bile %80 direnç kaybına yol açabildiğini belirtmiştir.

Mekanik özellikler ve NDT (ultrasonik darbe hızı ve delme direnci) arasındaki korelasyonlar da ağaç malzemenin yoğunluğu dikkate alınmaktadır. Delme direnci yöntemi ile ağaç malzemenin hem fiziksel hem de mekanik özellikleri arasında yeni korelasyonlar sağlayan çeşitli deneysel çalışmalar literatürde bulunmaktadır (Isik & LI, 2004; Calderoni vd., 2010). Feio vd., (2004) yapmış oldukları çalışmada, yeni ve eski kestane numunelerinin rezistograf cihazıyla testlerini gerçekleştirmişler ve her bir numunenin yoğunluğuyla arasındaki korelasyonu belirlemişlerdir. Eski ve yeni kestane gruplarının korelasyonları $R^2 = 0,50$; $0,51$ olarak hesaplanmıştır. Feio vd., (2007) yapmış oldukları başka bir çalışmada kestane kerestesinde delme direnci ile yoğunluk arasında yüksek bir korelasyon bulunduğunu ($R^2 = 0,81$) belirtmişlerdir. Acuna vd., (2011) yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlardan oluşan altı tür için yoğunluk ve ortalama genlik değerleri arasında yüksek korelasyon ($R^2 = 0,80$) belirlemişlerdir. Ceraldi vd., (2001) çalışmalarında tarihi ağaç malzemelerin direnç ve yoğunluklarının rezistograf ölçümleriyle ilişkisini araştırmıştır. Bu amaçla ağaç kurdu tahribatına uğrayan ağaç malzemede tahribatsız testlerin uygulanabilirliğini araştırmıştır. Araştırma sonuçları ağaç malzemenin mekanik direnç değerlerinin tespiti üzerinde, rezistograf ölçümleriyle elde edilen bulguların doğrudan ilişkili ($R^2 = 0,66$) olduğunu göstermiştir.

Ses Dalga Yöntemi ve Vida Tutma Direnci ile Elde Edilen Test Sonuçları

Melikoğlu Konağının taşıyıcı kiriş ve dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler sayesinde mekanik direnç özellikleri Bulgular 3.2. başlığı altında verilen korelasyon modelleriyle tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15. Melikoğlu Konağının taşıyıcı kiriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler

K.A	İncelenen Kiriş/dikme kodu	S.D.H (m/s) (Velocity)		MOE _{dinamik} (MPa)		V.T.D (kN)	M.M (MPa)	MOR (MPa)	D.S.	Y (g/cm ³)
		Ort.	Std.	Ort.	Std.	Ort.	Ort.	Ort.		Ort
MELİKOĞLU KONAĞI	Bodrum kat									
	1B	4001,86	6,31	8968,32	496	2,07	673,01	69,11	D60	0,56
	2B	3981,38	5,97	5943,04	454	1,32	505,01	43,66	D40	0,41
	3B	4111,21	5,71	8282,01	9	1,73	597,07	57,61	D50	0,49
	4B	4166,67	5,86	7986,11	61	1,53	553,62	51,03	D50	0,46
	5B	4240,76	7,12	8596,55	16	1,86	626,64	62,09	D60	0,52
	6B	4178,00	5,82	7058,00	57	1,65	580,05	55,03	D50	0,48
	Zemin									
	Ev içi									
	1Z	N/A	N/A	N/A	N/A	1,60	567,50	53,13	D50	0,47
	2Z	N/A	N/A	N/A	N/A	1,63	575,79	54,39	D50	0,47
	3Z	N/A	N/A	N/A	N/A	1,64	576,91	54,56	D50	0,47
	4Z	N/A	N/A	N/A	N/A	1,61	571,09	53,67	D50	0,47
	5Z	N/A	N/A	N/A	N/A	1,49	544,21	49,60	D40	0,45
	6Z	N/A	N/A	N/A	N/A	1,10	455,50	36,16	D30	0,37
	7Z	N/A	N/A	N/A	N/A	1,15	468,27	38,10	D30	0,38
	8Z	N/A	N/A	N/A	N/A	1,72	595,73	57,41	D50	0,49
	9Z	N/A	N/A	N/A	N/A	1,83	620,82	61,21	D60	0,51
	Kuzey									
	1	N/A	N/A	N/A	N/A	1,05	446,10	34,74	D30	0,36
	2	N/A	N/A	N/A	N/A	1,16	468,94	38,20	D30	0,38
	Güney									
	1	N/A	N/A	N/A	N/A	1,69	588,11	56,25	D50	0,48
	2	N/A	N/A	N/A	N/A	1,12	461,78	37,11	D30	0,38
	3	N/A	N/A	N/A	N/A	1,19	477,01	39,42	D30	0,39
	Batı									
	1	N/A	N/A	N/A	N/A	0,51	323,34	16,14	**	0,26

N/A: Ev içerisindeki kolon ve kirişlerde sensörlerin çakılması ve sonucunda ortaya çıkan görünüm kusurlarından dolayı yapı sahiplerinin izin vermemesinden ve/veya kolon veya kirişlerde tahribatsız test cihazlarıyla test yapılmasının/erişimin mümkün olmadığı durumlarda ölçüm gerçekleştirilememiştir.

**TS EN338 standardına göre minimum direnç değerlerini taşımamaktadır.

Melikoğlu Konağının taşıyıcı dikme ve kirişlerinde sesin geçme hızı (velocity), vida tutma direnci, eğilme direnci (MOR), dinamik elastikiyet modülü (MOE) ve makaslama modülü belirlenmiştir. Ses geçme hızı en düşük 3981 en yüksek 4240 m/s olarak tespit edilmiştir. Ses geçme hızının yüksek olması ağaç malzemenin elastikiyet modülünün yüksek olduğuna işaret etmektedir. Vida tutma direnci en düşük 0,51, en yüksek 2,07 kN olarak tespit edilmiştir. Dinamik elastikiyet modülü en düşük 5943 en yüksek 8968 MPa olarak belirlenmiştir. Eski yapılardaki taşıyıcı dikme ve kirişlerin elastikiyet modülünün normal oduna oranla daha yüksek olduğu literatürde bildirilmiştir (Kránitz 2014; Sonderegger vd.,

2015). Feio vd., (2004), eski ağaç malzemelerin mekanik özelliklerinin genellikle yeni ağaç malzemeye kıyasla biraz (%7-8) daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada da elde edilen bulgular literatürle uyum göstermiştir. Ceccotti & Togni, (1996), ahşap kirişlerin yoğunluğu ve nihai eğilme direnci arasında anlamlı bir ilişkinin olduğunu ve korelasyon katsayısının ($R^2=0,80$) yüksek olduğunu belirtmiştir. Makaslama modülü en düşük 323 en yüksek 673 MPa olarak tespit edilmiştir. Eğilme direnci en düşük 16,14 en yüksek 69,11 MPa olarak tespit edilmiştir. Tahribatlı test sonuçlarına göre Melikoğlu Konağına ait MOR değeri 48,51 ve MOE değeri ise 7805,67 MPa olarak belirlenmiştir. Tarihi Konağın incelenen taşıyıcı elemanlarından elde edilen tahribatsız MOR ve MOE değerinin tahribatlı elde edilen MOR ve MOE değerinin hemen hemen uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Yapıdaki taşıyıcı ahşap elemanların direnç sınıfları TS EN 338 standardına göre belirlenmiştir. Tablo 2’de elde edilen sonuçlara göre Melikoğlu Konağının taşıyıcılarının %15’inin direnç sınıfı D60’a; %45’i D50’ye; %10’u D40’a; %30’unun, D30’a girdiği belirlenmiştir. D30 direnç sınıfına giren ahşap taşıyıcılar, yapıda incelenen bütün taşıyıcıların %30’luğunu oluştursa da bu değerlerin aslında D40 direnç sınıfına yakın değerler olduğu görülmektedir. Batı cephesinde bulunan 1 numaralı dikmenin minimum direnç değerlerini taşımadığı tespit edilmiştir. Yapıda incelenen taşıyıcıların çoğunluğunun D50 direnç sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Melikoğlu Konağın bulunan taşıyıcı elemanlar üzerinde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen dinamik elastikiyet modülü (MOE), vida tutma, makaslama modülü, eğilme direnci (MOR), ve yoğunluk üzerine cephelerin etkisinin belirlenmesi için basit varyans analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen istatistiksel analiz sonuçları Tablo 16’da verilmiştir. Tablo 16’da edinilen istatistiksel bulgulara göre Melikoğlu Konağının MOE, vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluğunun gruplar arası varyans faktörü etkisinin anlamlı düzeyde olduğu bulunmuştur.

Tablo 16. Melikoğlu Konağında yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi

	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Serbestlik Der.	Kareler Ort.	F-hesap	Önem Der.
MOE	Gruplar arası	32869303,574	3	10956434,525	9,715	,003
	Grup içi	10150372,199	9	1127819,133		
	Toplam	43019675,772	12			

(Tablo 16'nın devamı)

Vida tutma direnci	Gruplar arası	,928	3	,309	5,173	,024
	Grup içi	,538	9	,060		
	Toplam	1,467	12			
Makaslama modülü	Gruplar arası	109153,025	3	36384,342	12,242	,002
	Grup içi	26748,427	9	2972,047		
	Toplam	135901,453	12			
MOR	Gruplar arası	2587,916	3	862,639	12,671	,001
	Grup içi	612,698	9	68,078		
	Toplam	3200,614	12			
Yoğunluk	Gruplar arası	,080	3	,027	12,296	,002
	Grup içi	,019	9	,002		
	Toplam	,099	12	10956434,525		

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla Melikoğlu Konağının cephelerindeki ahşap taşıyıcı elemanları ve bodrum katı ahşap taşıyıcı elemanlarının MOE, vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerlerinin ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının belirlenmesine ilişkin yapılan Tukey testi sonuçları Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17. Melikoğlu Konağının cepheleri ve bodrum katında yapılan ölçümlerin varyasyon faktörlerin ortalama etkilerinin Tukey testi sonuçları

Cephe	N	MOE		Vida Tutma		Makaslama modülü		MOR		Yoğunluk	
		1	HG*	1	HG*	1	HG*	1	HG*	1	HG*
Batı	2	4038,00	A	1,06	A	328,37	A	16,16	A	,26	A
Kuzey	2	4459,00	A	1,10	A	457,52	B	36,47	B	,37	B
Güney	3	5379,33	A	1,33	A B	508,96	B C	44,26	B C	,41	B C
Bodrum	6	7805,67	B	1,69	A B	589,23	C	56,42	C	,48	C

* Farklı harfler gruplar arasında istatistiksel bakımdan farklılık olduğunu göstermektedir.

Elde edilen bulgular, Konağın cepheleri ve bodrum katının taşıyıcı elemanlarından ölçülen değerlerin istatistiksel anlamda etkili olduğunu göstermiş ve gruplar arası farklılık olduğu tespit edilmiştir. En yüksek MOE, vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değeri bodrum katında incelenen ahşap taşıyıcılarından elde edilirken en düşük MOE, vida tutma, makaslama

modülü, MOR ve yoğunluk değerlerinin batı cephesinden incelenen ahşap taşıyıcılardan elde edilmiştir.

Tablo 18. Melikoğlu Konağında yapılan ölçümlerin, cepheye göre ortalama farklılıklarının Dunnett testine göre sonuçları

Bağımlı değişken	(I) Cephe	(J) Cephe	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	Önem derecesi	95% Güven aralığı	
						En düşük	En yüksek
MOE	Kuzey	Güney	-920,33	812,50	,809	-6745,96	4905,29
		Batı	421,00	138,812	,403	-3027,78	3869,78
		Bodrum	-3346,67*	477,36	,003	-5126,18	-1567,15
	Güney	Kuzey	920,33	812,50	,809	-4905,29	6745,96
		Batı	1341,33	800,84	,590	-4776,39	7459,06
		Bodrum	-2426,33	921,93	,245	-6877,15	2024,47
	Batı	Kuzey	-421,00	138,81	,403	-3869,78	3027,78
		Güney	-1341,33	800,84	,590	-7459,06	4776,39
		Bodrum	-3767,67*	457,23	,002	-5561,85	-1973,48
	Bodrum	Kuzey	3346,67*	477,36	,003	1567,15	5126,18
		Güney	2426,33	921,93	,245	-2024,47	6877,15
		Batı	3767,67*	457,23	,002	1973,48	5561,85
Vida tutma direnci	Kuzey	Güney	-,22	,18771	,773	-1,43	,9792
		Batı	,045	,05590	,918	-1,21	1,3018
		Bodrum	-,58*	,11968	,014	-1,02	-,1476
	Güney	Kuzey	,22833	,18771	,773	-,9792	1,4358
		Batı	,27333	,17975	,648	-1,0911	1,6378
		Bodrum	-,36000	,20859	,526	-1,3474	,6274
	Batı	Kuzey	-,04500	,05590	,918	-1,3018	1,2118
		Güney	-,27333	,17975	,648	-1,6378	1,0911
		Bodrum	-,63333*	,10676	,009	-1,0496	-,2170
	Bodrum	Kuzey	,58833*	,11968	,014	,1476	1,0290
		Güney	,36000	,20859	,526	-,6274	1,3474
		Batı	,63333*	,10676	,009	,2170	1,0496
Makaslama modülü	Kuzey	Güney	-51,44	41,42056	,761	-322,4620	219,5687
		Batı	129,14	12,48069	,070	-35,8684	294,1584
		Bodrum	-131,71*	26,35521	,012	-228,3955	-35,0312
	Güney	Kuzey	51,44	41,42056	,761	-219,5687	322,4620
		Batı	180,59	40,13225	,130	-115,4395	476,6229
		Bodrum	-80,26	46,36191	,523	-298,8903	138,3570
	Batı	Kuzey	-129,14	12,48069	,070	-294,1584	35,8684
		Güney	-180,59	40,13225	,130	-476,6229	115,4395
		Bodrum	-260,85*	24,28027	,000	-353,28	-
	Bodrum	Kuzey	131,71*	26,35521	,012	35,03	228,3955
		Güney	80,26	46,36191	,523	-138,35	298,8903
		Batı	260,85*	24,28027	,000	168,43	353,2822
MOR	Kuzey	Güney	-7,79	6,27	,762	-48,84	33,26
		Batı	20,31	1,73	,112	-25,28	65,90

		Bodrum	-19,95*	3,99	,012	-34,59	-5,30
	Güney	Kuzey	7,79000	6,27516	,762	-33,26	48,8492
		Batı	28,10000	6,03201	,127	-18,01	74,2159

(Tablo 18'in devamı)

		Bodrum	-12,16167	7,02364	,523	-45,28	20,9605
	Batı	Kuzey	-20,31	1,73012	,112	-65,90	25,2828
		Güney	-28,10	6,03201	,127	-74,21	18,0159
		Bodrum	-40,26*	3,59822	,000	-54,39	-26,1299
	Bodrum	Kuzey	19,95*	3,99245	,012	5,30	34,5977
		Güney	12,16	7,02364	,523	-20,96	45,2838
		Batı	40,26*	3,59822	,000	26,12	54,3934
Yoğunluk	Kuzey	Güney	-,04667	,03333	,691	-,2596	,1663
		Batı	,10500	,01118	,069	-,0265	,2365
		Bodrum	-,11667*	,02319	,012	-,2017	-,0316
	Güney	Kuzey	,04667	,03333	,691	-,1663	,2596
		Batı	,15167	,03219	,116	-,0815	,3848
		Bodrum	-,07000	,03806	,470	-,2404	,1004
	Batı	Kuzey	-,10500	,01118	,069	-,2365	,0265
		Güney	-,15167	,03219	,116	-,3848	,0815
		Bodrum	-,22167*	,02151	,000	-,3030	-,1403
	Bodrum	Kuzey	,11667*	,02319	,012	,0316	,2017
		Güney	,07000	,03806	,470	-,1004	,2404
		Batı	,22167*	,02151	,000	,1403	,3030

Tablo 18'de elde edilen Dunnett testi analiz sonuçlarına göre Melikoğlu Konağının MOE değerlerinin cephelerde incelenene taşıyıcı elemanların direnç değerlerinden elde edilen sonuçlar üzerinde anlamlı bir etkisinin olup olmadığına bakılmıştır. Kuzey cephesi ile güney, batı cepheleri ve bodrum katında incelenen taşıyıcı elemanların direnç değerleri karşılaştırıldığında, bodrum katının taşıyıcı elemanlarının direnç değerleriyle istatistiksel bakımdan anlamlı olduğu, güney ve batı cephelerinin taşıyıcı elemanların değerleri arasındaki farklılıkların ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Güney cephesinin kuzey, batı cephelerine ve bodrum katında incelenen taşıyıcı elemanların direnç değerlerine göre anlamlı olmadığı, batı cephesinin bodrum katında bulunan taşıyıcı elemanların direnç değerleri sonuçlarına göre istatistiksel anlamda önemli olduğu diğer cephelerde incelenen taşıyıcıların direnç değerleriyle anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Bodrum katında incelenen ahşap taşıyıcıların direnç değerleri kuzey ve batı cephelerinden elde edilen direnç değerleriyle karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık olduğu, güney cephesinin taşıyıcı elemanlarının direnç değerleriyle ise anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Yapının cephelerinde incelenen taşıyıcı elemanların vida tutma değerleri bakımından anlamlı farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Güney cephesi taşıyıcı

elemanlarından ölçülen makaslama modülü değerlerinin; yapının kuzey, batı cephelerindeki taşıyıcı elemanların bodrum katında incelenen taşıyıcıların direnç değerleriyle karşılaştırılmasının anlamlı bir farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Yapının Kuzey ve batı cephelerinin taşıyıcı elemanlarının direnç değerlerinden elde edilen sonuçlar; diğer cephelerle karşılaştırıldığında anlamlı farklılık oluşturmamıştır. Bodrum katının taşıyıcı elemanlarından ölçülen değerlerle karşılaştırıldığında ise anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir. Batı cephesindeki ahşap taşıyıcıların makaslama modülü değerleri ile bodrum katındaki ahşap taşıyıcıların direnç değerleri karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık olduğu, güney ve kuzey cephesinin taşıyıcı elemanlarının direnç değerleri ile anlamlı farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Bodrum katında incelenen taşıyıcı elemanların direnç değerleri diğer cephelerin taşıyıcı elemanlarının direnç değerleriyle karşılaştırıldığında kuzey ve batı cephelerinin taşıyıcı elemanlarının direnç değerleriyle arasında anlamlı bir farklılık olduğu, güney cephesinde incelenen ahşap taşıyıcılarla karşılaştırıldığında anlamlı farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Kuzey cephesinde bulunan ahşap taşıyıcı elemanların MOR değerleri, bodrum katı ahşap taşıyıcı elemanlarla karşılaştırıldığında anlamlı fark olduğu bunun aksine güney ve batı cephelerinin taşıyıcı elemanlarının direnç değerleriyle anlamlı farklılık olmadığı belirlenmiştir. Güney cephesinde incelenen ahşap taşıyıcı elemanlarının direnç değerleri bodrum katından ölçülen direnç değerleri ve yapının diğer cephelerinde incelenen ahşap taşıyıcıların direnç değerleriyle karşılaştırıldığında arasında anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Batı cephesinin taşıyıcı elemanlarının direnç değerleri bodrum katında bulunan taşıyıcı elemanların direnç değerleriyle kıyaslandığında anlamlı bir farklılık olduğu, kuzey ve güney cephelerinin taşıyıcı elemanlarının direnç değerleriyle anlamlı bir farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Bodrum katına ait taşıyıcı elemanlardan elde edilen direnç değerleri diğer cephelerden elde edilen direnç değerleriyle karşılaştırıldığında kuzey ve batı arasında anlamlı farklılık olduğu, güney cephesinde anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür. Kuzey cephesinin taşıyıcı elemanlarından elde edilen yoğunluk değerleri, bodrum katı taşıyıcılarıyla anlamlı bir farklılık oluştururken, güney ve batı cephelerindeki taşıyıcı elemanlarla farklılık oluşturmamaktadır. Güney cephesinde incelenen taşıyıcı elemanların yoğunluk değerleri bodrum katı ve diğer cephelerle karşılaştırıldığında anlamlı fark oluşturmamıştır. Batı cephesi taşıyıcı elemanların yoğunluk değerleri bodrum katı taşıyıcı elemanların yoğunluk değerleriyle anlamlı bir farklılık oluştururken, cephelerde incelenen taşıyıcı elemanların yoğunluk değerleriyle anlamlı farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Bodrum katında bulunan ahşap taşıyıcı

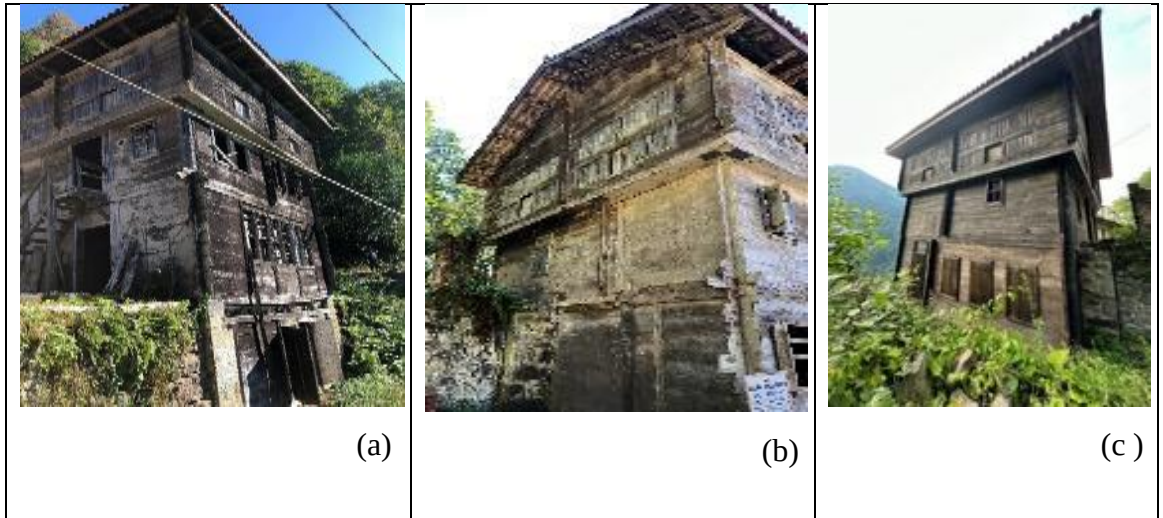
elemanların yoğunluk değerleri kuzey ve batı cephelerinden elde edilen yoğunluk değerleriyle karşılaştırıldığında anlamlı farklılık olduğu, güney cephesinin taşıyıcı elemanlarından ölçülen yoğunluk değerleriyle ise anlamlı farklılık olmadığı tespit edilmiştir.

3.3.2. Melikoğlu Konağı Baba Evi

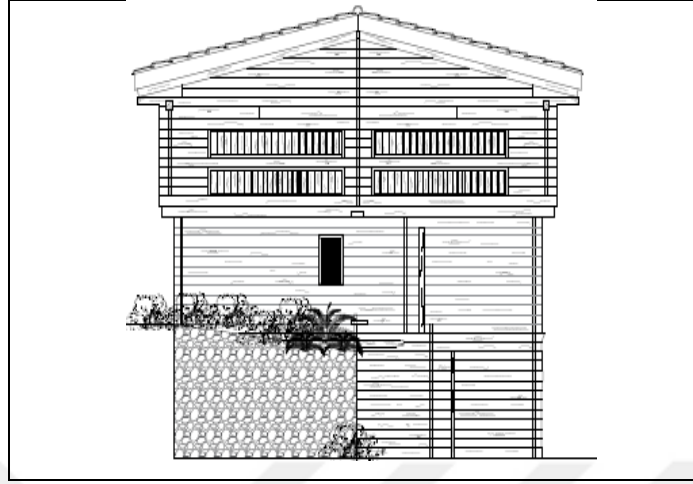
Rize ili Çamlıhemşin ilçesi Konaklar mevkiinde bulunan 200-250 yılları arası tarihi geçmiş olduğu tahmin edilen Melikoğlu Konağı Baba Evi, 514,91 m yükseltide ve K 41° 1' 53.3324-D 41° 0' 39.5366" koordinatlarında bulunmaktadır. Ev bakımsız olup uzun yıllardır kullanılmadığı belirlenmiştir.

Melikoğlu Konağı Baba Evinin yapımının Melikoğlu Konağına nazaran daha eskiye dayandığı, yapı sahipleri tarafından bildirilmiştir. Serender görünümlü ev, diğer Serender örneklerine göre biraz daha kompleks bir yapıdan oluşmaktadır. Zemin +2 katlı olarak yapılan ev niteliğindeki bu yapının zemin katının bütün cepheleri tamamen kapatılmıştır. Ahşap iskelet sistemiyle inşa edilmesi nedeniyle serenderin ana taşıyıcısının ağaç malzeme olduğunu göstermektedir. Bodrum katında taş yığma temel ayaklar bulunmaktadır. Ahşap yapı, bu taş temeller üzerinde yükseltilmiştir. Serenderin 2. katında ahşap çıkma yapılmıştır. Eğimli üst örtü, beşik çatı (iki omuz) uygulamasıyla yapılmış olup oluklu kiremit ile kaplanmıştır.

Melikoğlu Konağı Baba Evinin, batı (a), doğu (b) ve güney (c) yönlerine bakan cephe görüntüleri Şekil 49'da ve doğuya bakan dış cephe çizimi Şekil 50'de verilmiştir.

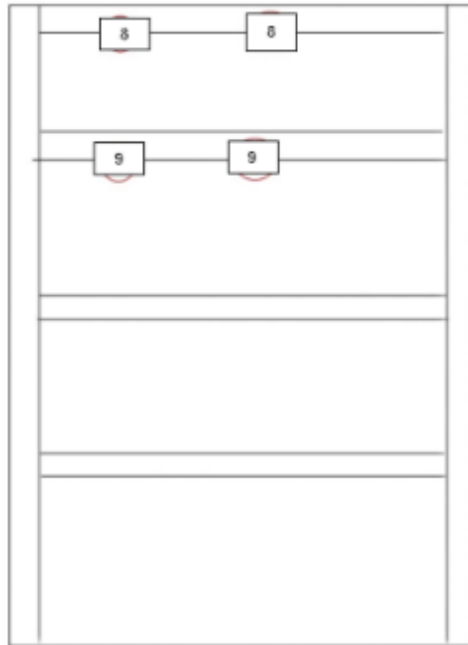


Şekil 49. Melikoğlu Konağı Baba Evinin, (a) batı, (b) doğu ve (c) güney cephe görüntüleri

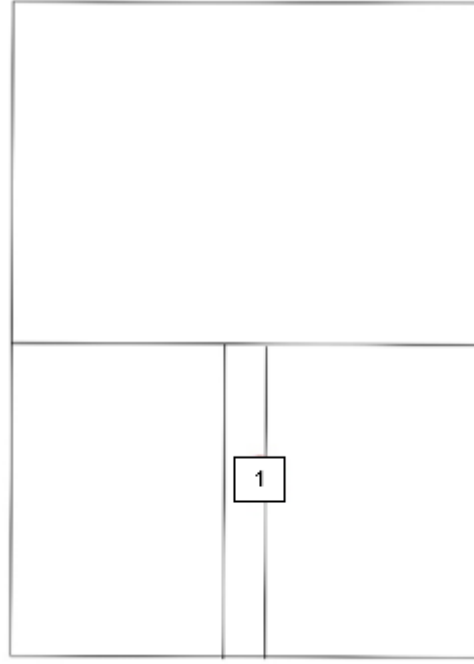


Şekil 50. Melikoğlu Konağı Baba Evinin doğu cephe çizimi

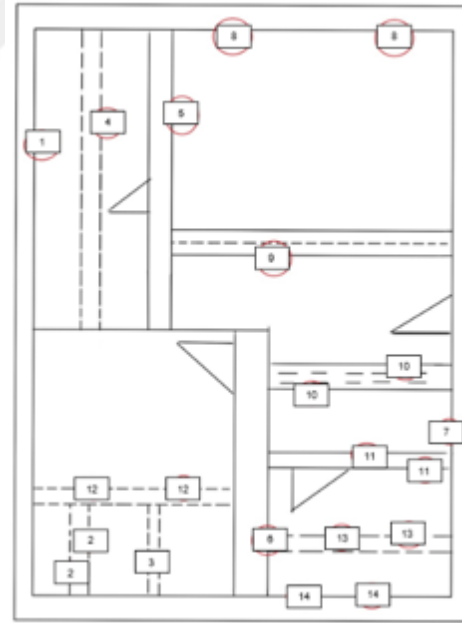
Tarihi ahşap Melikoğlu Konağı Baba Evinde, tahribatsız testlerin yapıldığı kirişlerin ve/veya dikmelerin bulundukları yere numara verilmiş ve görünüm kesitleri Şekil 51-54'te belirtilmiştir.



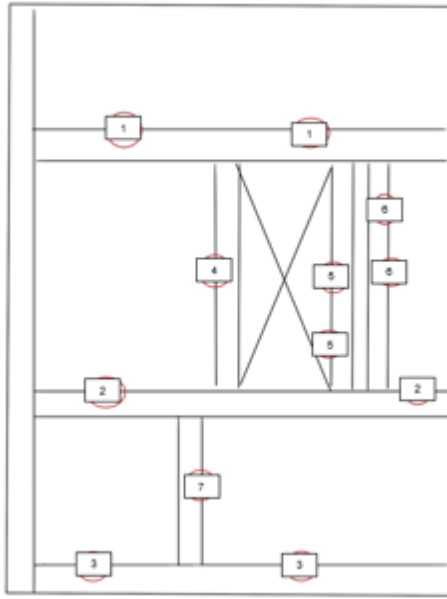
Şekil 51. Melikoğlu Konağı Baba Evi batı dış cephe kirişleri



Şekil 52. Melikoğlu Konağı Baba Evi doğu dış cephe dikmesi



Şekil 53. Melikoğlu Konağı Baba Evi giriş kat mekân içi dikme ve kirişler



Şekil 54. Melikoğlu Konağı Baba Evi kuzey dış cephe dikme ve kirişler

Melikoğlu Konağı Baba Evine ilişkin elde edilen bulgular, ilgili başlıklar altında aşağıda verilmiştir.

- Görsel İncelemelere İlişkin Bulgular

Dış ortam koşullarının etkisine maruz kalan Melikoğlu Konağı Baba Evinin taşıyıcı sisteminin ve ahşap yapı elemanlarının durum değerlendirmesi Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19. Melikoğlu Konağı Baba Evinin dış cephe durum değerlendirmesi

Ağaç malzemenin ve Yapısal Bozulma Durumlarının Değerlendirilmesi									
Taşıyıcı Elemanlar							Yapı elemanları		
Duvar sistemi		Diğer elemanlar		Üst örtü (çatı)			Kapı	Pencere	Merdiven
Ahşap	Dolgu	Kiriş	Dikme	Kaplama	Konstrüksiyon	Saçak			
2	- *	2	2	4	4	4	2	2	2

* Yapı veya taşıyıcı elemanın mevcut olmadığını göstermektedir.

Melikoğlu Konağı Baba Evinin iç mekâna ilişkin taşıyıcı sisteminin ve ahşap yapı elemanlarının durum değerlendirmesi Tablo 20’de verilmiştir.

Restorasyon aşamasındaki tarihi ahşap yapının restorasyon öncesi ve sonrası değerlendirilmesi yapılmış olup bazı bulgular elde edilmiştir. Şekil 55 (a)’da restore edilmiş ahşap yapının üst kat zemin döşeme malzemesinde onarım hatası tespit edilmiştir. Ahşap eleman değişiminin tamamen yapılmasını minimize etmek amacı ile mevcut yere yeni eleman eklemek, çeşitli deformasyona ve tahribata maruz kalan yapı elemanlarında kullanılan yöntemler

arasında gelmektedir. Tahrip olan veya hasar gören kısmın yapı elemanından çıkartılarak yerine aynı malzeme türü ile gereken ölçülerde kesit eklenmesi gerekmektedir. Eklenen elemanın kesit ve malzeme özelliği bakımından eklendiği elemene uyum sağlaması önem arz etmektedir.

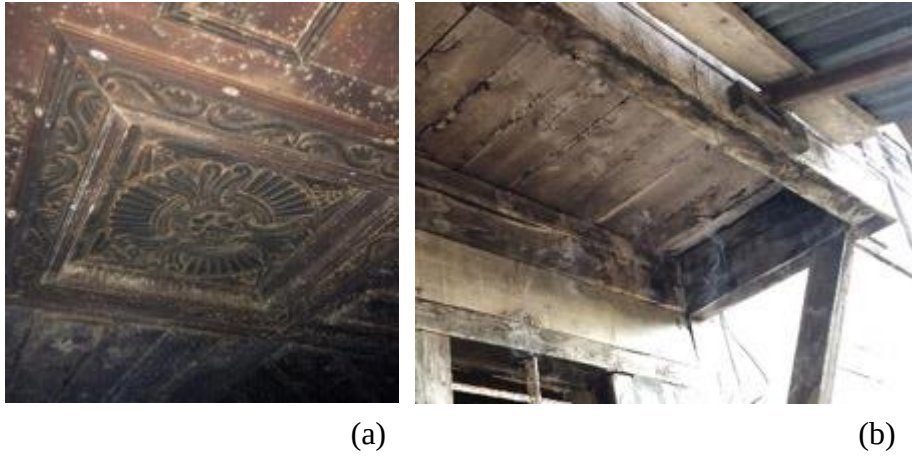
Tablo 20. Melikoğlu Konağı Baba Evinin iç mekân durum değerlendirmesi

Ağaç malzemenin ve Yapısal Bozulma Durumlarının Değerlendirilmesi							
Taşıyıcı Sistem			Kaplama		Yapı Elemanları		
Kiriş	Dikme	İç Duvar	Tavan	Döşeme	Kapı	Pencere	Merdiven
2	2	2	3	3	2	2	2

Bu incelemede tahrip olan eski ağaç malzeme yerine geçen yeni malzemenin ağaç türü uygun seçilmemiştir. Kestane yerine karaçam ile üst kat zemin döşemesi restore edildiği tespit edilmiştir. Şekil 55 (d)'de döşemenin döşendiği ağaç malzeme zarar görmüş ve onarımı yapılmadan bırakılmıştır. Şekil 55 (c)'de tarihi ahşap yapının genel itibarıyla dış cephesi yoğun dış hava koşullarında bozunmaya (weathering) maruz kalmıştır. Ahırla kat arasında boşluk bırakılmış olup taşıyıcı dikmelerin kesitleri (15x15cm) yeterli olmadığından, yatay zemin taşıyıcısında sehim oluşmuştur. Şekil 56 (b)'de çatıdan akan yağmur sularının nüfuz ettiği bölgelerde yer yer renk değişikliğine ve mantar çürüklüğü gözlemlenmiş ve rapor edilmiştir. Ağaç malzemenin metal elemanlarla temas ettiği yerde kimyasal bozulmanın etkisiyle, korozyon olduğu tespit edilmiştir. Tarihi yapının restorasyonunda çatı onarımı yapılmış olup çatı kaplaması kiremit yerine saca değiştirilmiştir. Şekil 55 (b) ve Şekil 56 (c ve d)'de ahşap taşıyıcı elemanlarında veya yapı elemanlarının genelinde yarılmalara, çatlaklar ve biyolojik bozulmadan kaynaklı böcek ve mantarların sebep olduğu tahribat ve çürüklük tespit edilmiştir. Misafir odasının tavanında ceviz ağacından elde edilen keresteler kullanıldığı belirlenmiştir. Şekil 56 (a)'da bakımsız kalan eski tavan döşemesinin yoğun böcek istilasına maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Şekil 56 (e)'de ahşap kirişte beyaz çürüklük ve metal bağlantı elemanlarının neden olduğu korozyon tespit edilmiştir.



Şekil 55. (a) Restorasyon sonrası tavan döşeme görüntüsü (b) Ahşapta mantar çürüklüğü (c) Zemin taşıyıcısının görünümü ve yoğun UV degradasyonu, (d) Restorasyon sonrası tavan döşemesi



Şekil 56. (a) Ceviz oyma tavanda yoğun böcek tahribatı, (b) Tahribata uğramış ahşap tavan döşeme kirişi, (c) Rutubet alan ahşapta mantar ve böcek tahribatı, (d) Tavan döşemesinde beyaz çürüklük, (e) Ahşap taşıyıcıda beyaz çürüklük ve korozyon.

(Şekil 56'nın devamı)



(c)



(d)



(e)

- Tahribatsız Testlere İlişkin Bulgular

Delme Direnci

Çalışma kapsamında delme cihazıyla yapılan incelemeler sonucunda bazı ahşap kiriş ve dikmelerin iç kısımlarında tahribat, çürüklük, çatlak/boşluk olduğu tespit edilmiştir. Melikoğlu Konağı Baba Evinin kuzey, doğu ve batı yönlerine bakan dış cephelerindeki ve evin giriş katı ahşap kiriş ve dikmelerin iç kısımlarındaki kusur ve tahribatlar tespiti rezistograf cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı çıktılar Şekil 57'de verilmiştir.



Şekil 57. Melikoğlu Konağı Baba Evinde delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler

Taşıyıcı ahşap elemanların rezistograf cihazıyla incelenmesi sonucunda elde edilen genlik grafiklerinde görüldüğü üzere, yüksek pikler sağlam bölgeyi, daha düşük tepe noktaları ise çürümeyi, çatlakları, küçük/büyük çürüklük zonlarını veya boşlukları temsil etmektedir. Ağaç malzemenin ilkbahar odunu ve yaz odunu yoğunluk farkı yıllık halkalarının yapısı ve rezistografin delme açısını etkilemektedir. Aynı zamanda rezistograf cihazıyla inceleme sonrasında tespit edilen delme direnci değerleri, yıllık halkaların dağılımının grafiksel bir sunumunun oluşturulmasını da sağlamaktadır (Rinn, 2012; Rinn,

2013; Tannert vd., 2014). Elde edilen verilere göre, bu tez kapsamında incelenen kirişin iç kısımlarında çürüklük ve tahribat olduğu ve ağaç malzemenin direncinin ileri seviyede düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 57a). Bununla birlikte, malzemenin yaz odununda böcek tahribatından kaynaklanan yıkım olduğu belirlenmiştir. Candido & Henriques (2017) gerçekleştirmiş oldukları çalışmada da yaz odununda böcek tahribatından kaynaklanan tahribatı ortaya koymuşlardır. Şekil 57 (b)'de görüldüğü üzere, dikmenin iç kısımlarında tahribat (çürüklük/böcek tahribatı) ve direnç kaybı olduğu tespit edilmiştir. Şekil 57 (c)'de dikmenin iç kısmında önemli ölçüde tahribat ve çürüklük zonları tespit edilmiştir.

Ses Dalga Yöntemi ve Vida Tutma Direnci ile Elde Edilen Test Sonuçları

Melikoğlu Konağı Baba Evinin taşıyıcı kiriş ve dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen veriler sayesinde mekanik direnç özellikleri Bulgular 3.2. başlığı altında verilen korelasyon modelleriyle tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 21. Melikoğlu Konağı Baba Evi taşıyıcı kiriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler

K.A	İncelenen Kiriş/kolon kodu	S.D.H (m/s) (Velocity)		MOE _{dinamik} (MPa)		V.T.D (kN)	M.M (MPa)	MOR (MPa)	D.S.	Y (g/cm ³)
MELİKOĞLU KONAĞI BABA EVİ	Kuzey	Ort.	Std.	Ort.	Std.	Ort.	Ort.	Ort.		Ort.
	1	4100,00	131,37	7396,40	621,32	1,45	533,90	48,04	D40	0,44
	2	4500,00	147,59	12150,00	686,48	2,28	720,27	76,27	D70	0,60
	3	N/A	N/A	N/A	N/A	1,20	478,58	39,66	D30	0,39
	4	N/A	N/A	N/A	N/A	1,90	635,15	63,38	D60	0,52
	5	N/A	N/A	N/A	N/A	1,91	638,06	63,82	D60	0,53
	6	N/A	N/A	N/A	N/A	2,23	709,52	74,64	D70	0,59
	7	N/A	N/A	N/A	N/A	2,70	814,35	90,52	D70	0,68
	Batı									
	8	N/A	N/A	N/A	N/A	2,16	693,84	72,27	D70	0,57
	9	3896,3	33,50	5120,31	104,21	0,91	413,84	29,85	**	0,34
	Doğu									
	10	4138,30	43,22	9590,99	210,19	2,09	677,71	69,82	D60	0,56
	11	4110,50	79,63	6855,39	81,78	1,27	494,93	42,14	D40	0,41
	12	N/A	N/A	N/A	N/A	1,17	471,18	38,54	D30	0,39

(Tablo 21'in devamı)

	İç mekân Kiriş									
1	4378,00	39,14	9110,48	157,87	1,64	577,00	54,56	D50	0,48	
2	N/A	N/A	N/A	N/A	2,01	659,57	67,08	D60	0,54	
3	N/A	N/A	N/A	N/A	1,38	519,12	45,80	D40	0,43	
4	N/A	N/A	N/A	N/A	2,26	716,24	75,66	D70	0,59	
5	4063,09	48,78	10825,17	239,41	2,59	791,06	87,00	D70	0,66	
6	4210,83	1245,57	8407,89	2136,01	1,63	576,02	54,42	D50	0,47	
7	N/A	N/A	N/A	N/A	2,70	814,35	90,52	D70	0,68	
	İç mekân kolon									
8	4308,71	63,07	10632,36	244,21	1,69	589,23	56,42	D50	0,49	
9	3716,67	188,38	6704,41	782,83	1,98	653,74	66,19	D60	0,54	
10	4214,95	29,36	9590,10	458,71	2,36	739,54	79,19	D70	0,61	
11	4460,57	24,11	12181,41	122,46	1,90	635,82	63,48	D60	0,52	
12	NA	N/A	NA	N/A	1,60	568,40	53,27	D50	0,47	
13	3774,99	28,26	6665,84	126,84	1,74	599,76	58,02	D50	0,49	
14	4300,63	25,64	9141,05	714,17	1,45	533,90	48,04	D40	0,44	

N/A: Ev içerisindeki kolon ve kirişlerde sensörlerin çakılması ve sonucunda ortaya çıkan görünüm kusurlarından dolayı yapı sahiplerinin izin vermemesinden ve/veya kolon veya kirişlerde tahribatsız test cihazlarıyla test yapılmasının/erişimin mümkün olmadığı durumlarda ölçüm gerçekleştirilememiştir.

** TS EN 338 standardına göre minimum direnç değerlerini taşımamaktadır.

Melikoğlu Konağı Baba Evinin taşıyıcı dikme ve kirişlerinde sesin geçme hızı (velocity), vida tutma direnci, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve makaslama modülü belirlenmiştir. Ses geçme hızı en düşük 3774, en yüksek 4500 m/s olarak tespit edilmiştir. Ses geçme hızının yüksek olması ağaç malzemenin elastikiyet modülünün yüksek olduğuna işaret etmektedir. Vida tutma direnci en düşük 0,91, en yüksek 2.70 kN olarak tespit edilmiştir. Dinamik elastikiyet modülü en düşük 5120, en yüksek 12181 MPa olarak belirlenmiştir. Eski yapılarıdaki taşıyıcı dikme ve kirişlerin elastikiyet modülü normal oduna oranla daha yüksek olduğu literatürde bildirilmiştir. Bu çalışmada da elde edilen bulgular literatürde yapılmış çalışmalarla karşılaştırıldığında uyumluluk göstermektedir. Makaslama modülü en düşük 413, en yüksek 791 MPa olarak tespit edilmiştir. Eğilme direnci en düşük 29,85, en yüksek 90,52 MPa olarak tespit edilmiştir. Tahribatlı test sonuçlarına göre Melikoğlu Konağı Baba Evine ait MOR değeri 62,25 ve MOE değeri ise 8866,26 MPa olarak belirlenmiştir. Tarihi yapının incelenen taşıyıcı elemanlarından elde edilen tahribatsız MOR ve MOE değerinin tahribatlı elde edilen MOR ve MOE değeriyle yakın değerler elde edildiği tespit edilmiştir.

Tahribatsız test sonuçlarının TS EN 338 standardında karşılık bulan direnç sınıfları belirlenmiştir. Tablo 21’de elde edilen sonuçlara göre Melikoğlu Konağı Baba Evinin taşıyıcılarının %32’sinin direnç sınıfı D70’a; %24’ünün D60’a; %20’si D50’ye ve %8’inin D30’a girdiği belirlenmiştir. D30 direnç sınıfına giren ahşap taşıyıcılar, yapıda incelenen bütün taşıyıcıların %30’unu oluştursa da bu değerlerin aslında D40 direnç sınıfına yakın değerler olduğu görülmektedir. Batı cephesinde bulunan taşıyıcı elemanlarından 9 numaralı kirişin minimum taşıyıcı direnç değerlerini taşımadığı tespit edilmiştir. Yapıda incelenen taşıyıcıların çoğunluğunun D70 direnç sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Melikoğlu Konağı Baba Evinin ahşap taşıyıcı elemanları üzerinde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen MOE, MOR, vida tutma, makaslama modülü ve yoğunluk üzerine cephelerin etkisinin belirlenmesi için basit varyans analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen istatistiksel analiz sonuçları Tablo 22’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre Melikoğlu Konağı Baba Evinin incelenen taşıyıcı elemanlarının MOE, vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluğunun gruplar arası varyans faktörü etkisinin anlamlı düzeyde etkili olmadığı bulunmuştur.

Tablo 22. Melikoğlu Konağı Baba Evinde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi

Direnç Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Serbestlik Der.	Kareler Ort.	F-hesap	Önem Der.
MOE	Gruplar arası	7984136,602	2	3992068,301	,370	,700
	Grup içi	96984327,493	9	10776036,388		
	Toplam	104968464,094	11			
Vida tutma	Gruplar arası	,547	2	,274	,862	,454
	Grup içi	2,857	9	,317		
	Toplam	3,404	11			
Makaslama modülü	Gruplar arası	27382,126	2	13691,063	,859	,455
	Grup içi	143402,830	9	15933,648		
	Toplam	170784,957	11			
MOR	Gruplar arası	628,308	2	314,154	,859	,455
	Grup içi	3290,323	9	365,591		
	Toplam	3918,631	11			
Yoğunluk	Gruplar arası	,019	2	,010	,857	,456
	Grup içi	,102	9	,011		
	Toplam	,122	11			

3.3.3. Biryol Evi

Rize ili amlıhemşin ilçesi Bogina mevkiinde yer alan yine 170-200 yılları arası tarihi geçmiş olduğu tahmin edilen Biryol Evi (Şekil 29-32), 554,82 m yükseltide ve K 41° 1' 28.3507"D 41° 0' 28.8423" koordinatlarında bulunmaktadır. Evin kullanım durumu genellikle yaz aylarında olmakla birlikte kış aylarında boş kaldığı ev sahipleri tarafından bildirilmiştir.

Biryol Evinin yığma taş temel üzerine üst üste kütüklerin oturtulduğu ahşap yığma sistemiyle yapılmıştır. Ağaç malzeme köşelerde birbirlerine kenetlenmek suretiyle oturtulmuştur. Bir başka deyişle ahşap yığma duvar sisteminde “kurtboğaz tekniğı” uygulanmıştır. Bu teknik yapılara kendilerine özgü karakteristik özellik kazandırmaktadır ve daha çok Karadeniz’in köy ve yüksek rakımlı yerleşkelerinde yer almaktadır (Sözen & Eruzun, 1992). Ayrıca serender yapım tekniğıyle benzerlik göstermektedir. Bu taşıyıcı sistemde, ağaç malzeme tek taşıyıcı yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Ahşap evin kuzey cephesinde görülen çıkma, ahşap dikmeler üzerine oturtulmuştur. Üst örtü iki yöne eğimli beşik çatı modelinde uygulanmış olup, kaplama bakımından oluklu kiremit kullanılmıştır. Çatı malzemesinin ileri derece hasarlı olan kısımları sonradan sac ile kaplanmıştır.

Biryol Evinin güney (a), doğu (b) ve kuzey (c) yönlerine bakan cephe görüntüleri Şekil 58’de güney (a) ve kuzeye (b) bakan dış cephe çizimleri Şekil 59’da verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 58. (a) Biryol Evi güney cephesi, (b) doğu cephesi, (c) kuzey cephesi

(Şekil 58'in devamı)



(c)



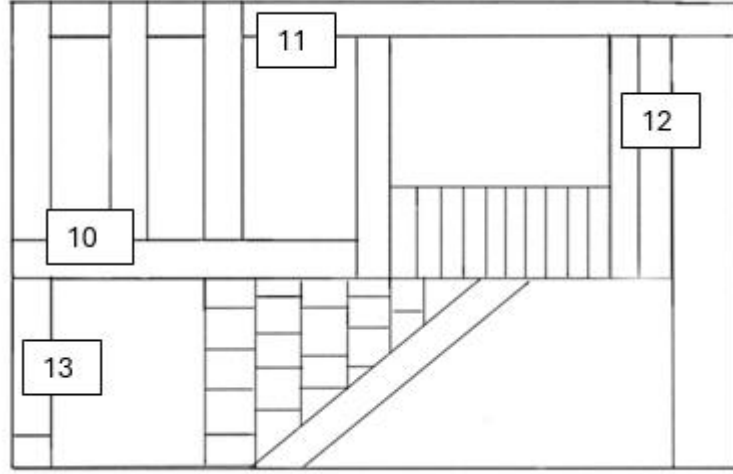
(a)



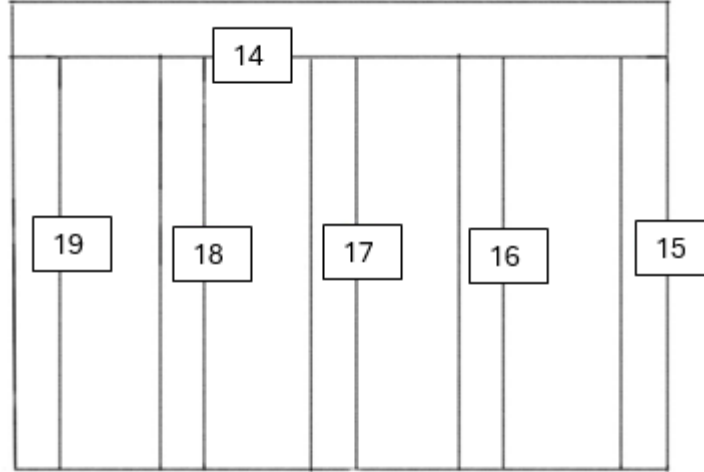
(b)

Şekil 59. (a) Biryol Evi güney cephe, (b) kuzey cephe çizimi

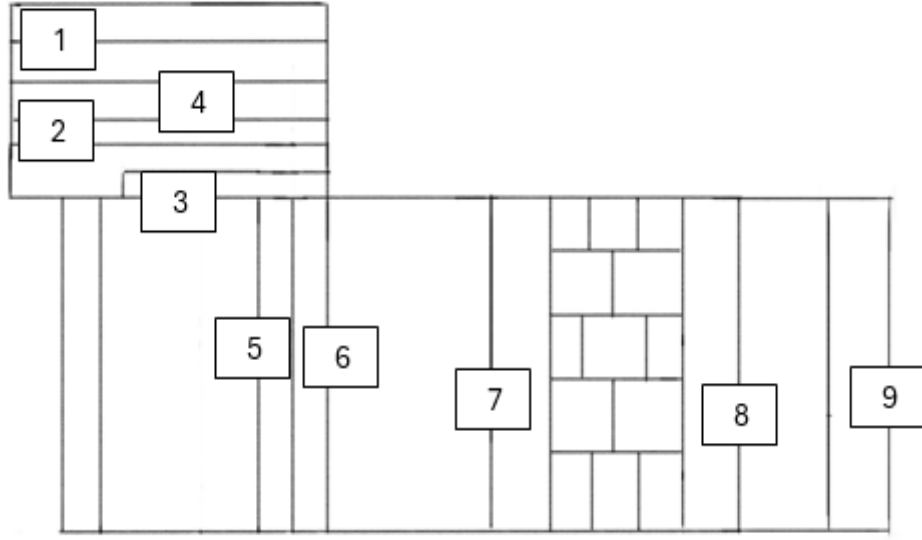
Tarihi ahşap Biryol Evinin, tahribatsız testlerin yapıldığı kirişlerin veya diğmelerin bulundukları yere numara verilmiş ve görünüm kesitleri Şekil 60-64'te belirtilmiştir.



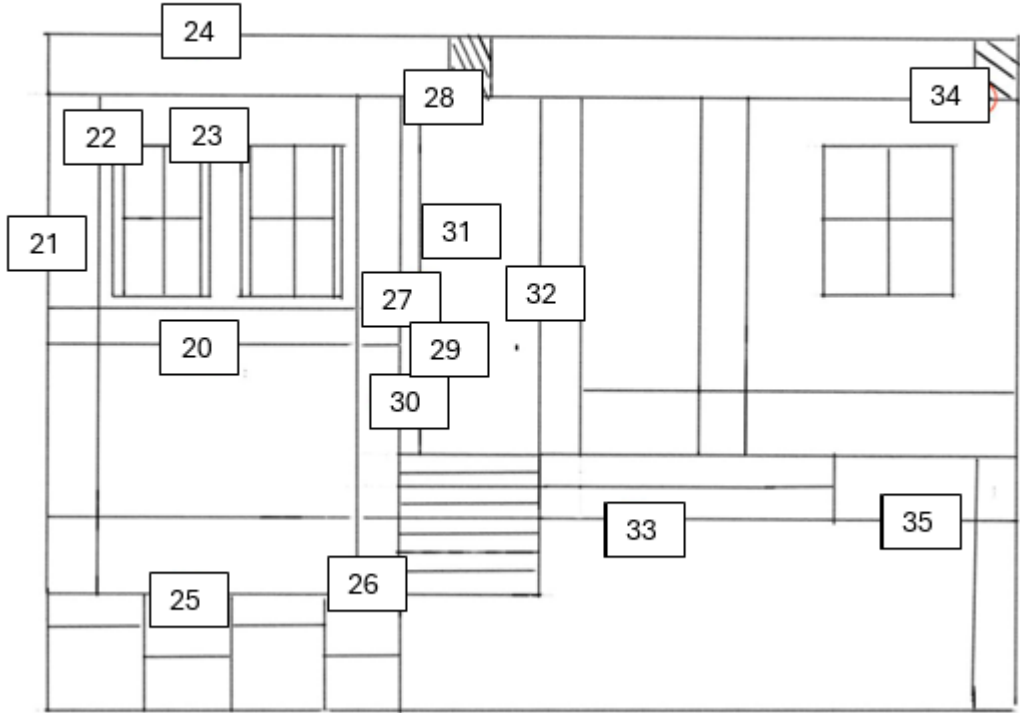
Şekil 60. Biryol Evi doğu dış cephe dikme ve kirişler



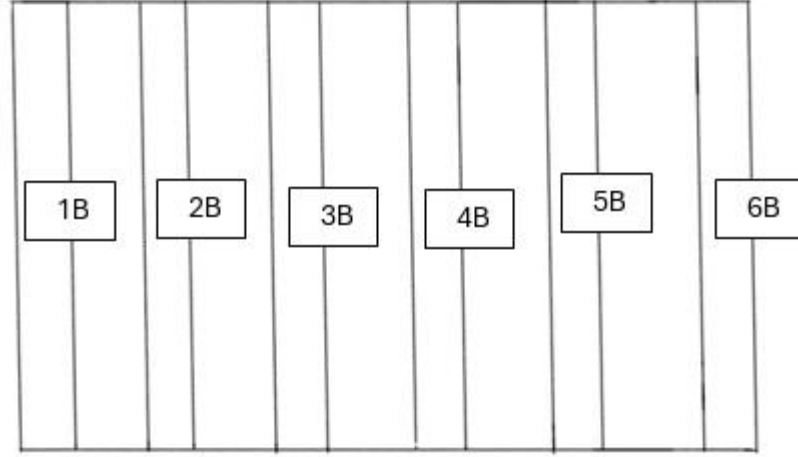
Şekil 61. Biryol Evi güney dış cephe kiriş ve dikmeler



Şekil 62. Bir yol Evi kuzey dış cephe kiriş ve dikmeler



Şekil 63. Bir yol Evi batı dış cephe kiriş ve dikmeler



Şekil 64. Biryol Evi bodrum kat tavan döşeme kirişleri

Biryol Evine ilişkin elde edilen bulgular, ilgili başlıklar altında aşağıda verilmiştir.

- Görsel İncelemelere İlişkin Bulgular

Dış ortam koşullarının etkisine maruz kalan Biryol Evinin taşıyıcı sisteminin ve ahşap yapı elemanlarının durum değerlendirmesine Tablo 23’te yer verilmiştir.

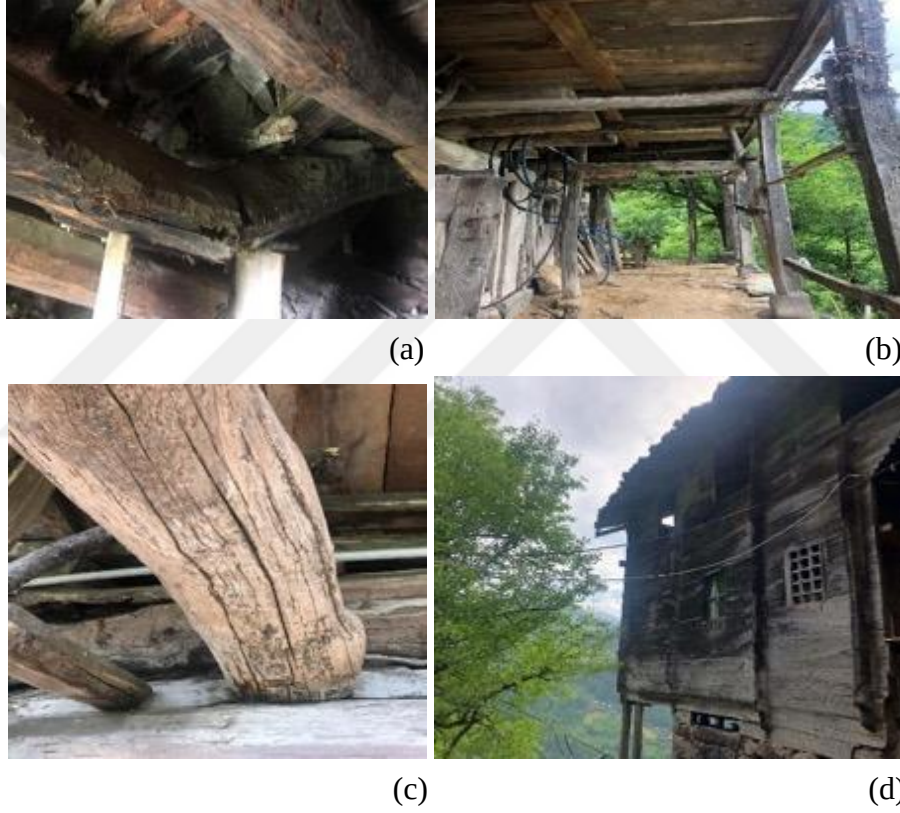
Tablo 23. Biryol Evinin dış cephe durum değerlendirmesi

Ağaç malzemenin ve Yapısal Bozulma Durumlarının Değerlendirilmesi									
Taşıyıcı Elemanlar							Yapı elemanları		
Duvar sistemi		Diğer elemanlar		Üst örtü			Kapı	Pencere	Merdiven
Ahşap	Dolgu	Kiriş	Dikme	Kaplama	Konstrüksiyon	Saçak			
3	-*	3	3	4	4	4	3	3	3

*Yapı veya taşıyıcı elemanın mevcut olmadığını göstermektedir.

Biryol Evinde yapılan incelemelerde giriş kapısı ve tüm duvarlar olmamakla birlikte tek duvar malzemesinin ceviz olduğu ev sahipleri tarafından bildirilmiştir. Şekil 65’te tarihi Biryol Evinde belirlenen kusurlar açıklamalarıyla belirtilmiştir. Şekil 65 (f)’de batı cephesinin bahçe tarafında güneşin gelme açısı nedeniyle diğer taraflara kıyasla UV degradasyonundan kaynaklı daha fazla renk koyulaşması olduğu gözlenmiştir. Şekil 26 (d)’de doğu cephesinin kuzey cephesine oranla yoğun derecede UV degradasyonuna maruz kaldığı ve dış hava şartlarına bağlı ağaç malzemenin yüzeyinde erozyon meydana geldiği gözlenmiştir. Biryol Evinin tüm cephelerinde yoğun böcek ve mantar tahribatına rastlanmıştır. Şekil 65 (b)’de güney yönünde binayı taşıyan dikmelerin toprakla teması sonradan kesilmiştir. Ahşap dikmeler taşla yükseltilmiştir. Şekil 65 (e)’de biyolojik

bozulmaların ileri derece olduğu tespit edilen ahşap dikmeler çinko levha ile kaplandığı, ahşap çatı elemanları veya yığma ahşap duvarların bir bölümü ise oluklu sac ile kaplandığı saptanmıştır. Kuzey cephesinde de ağaç malzemenin tahribatlı kısımlarını yağmur suyu, kar gibi rutubete maruz bırakacak durumlara karşı korumak amacıyla sac kullanılmıştır. Tahribata uğramış ağaç malzemenin daha fazla rutubete maruz kalması önlenmeye çalışılmıştır. Şekil 65 (a)'da bodrum kat tavan kirişleri yoğun rutubete maruz kaldığından çürümüş olduğu gözlenmiştir. Şekil 65 (c)'de bodrum katında incelenen kirişte önemli ölçüde çürüklük ve derin yarıklar/çatlaklar belirlenmiştir.



Şekil 65. (a)Bodrum kat kirişte önemli ölçüde çürümüş ağaç malzemedede oluşan deformasyonun görüntüsü (b) Ahşap dikmelerde böcek tahribatı ve UV degradasyonu (c) Ahşap kirişe ait derin çatlak/yarık (d) Dış hava etkisi, (e)UV degradasyonu, (f)Yoğun dış hava etkisi ve böcek tahribatı

(Şekil 65'in devamı)



(e)

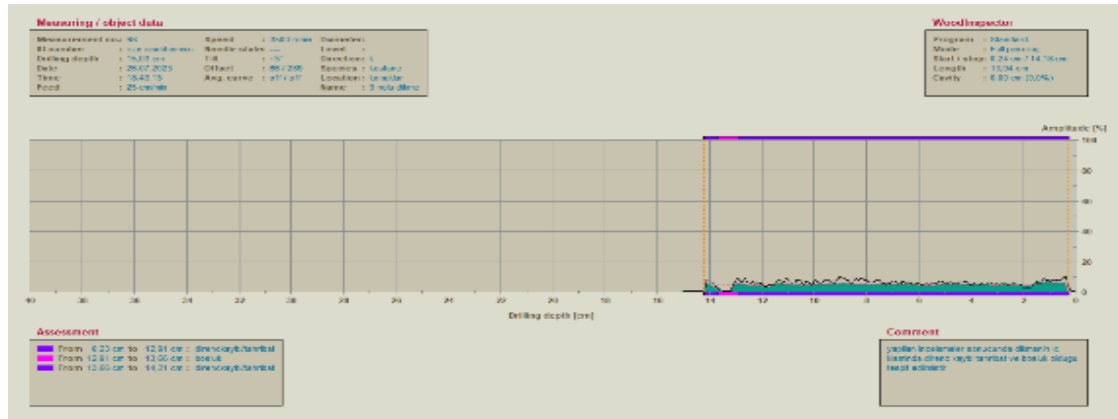


(f)

- Tahribatsız Testlere İlişkin Bulgular

Delme Direnci

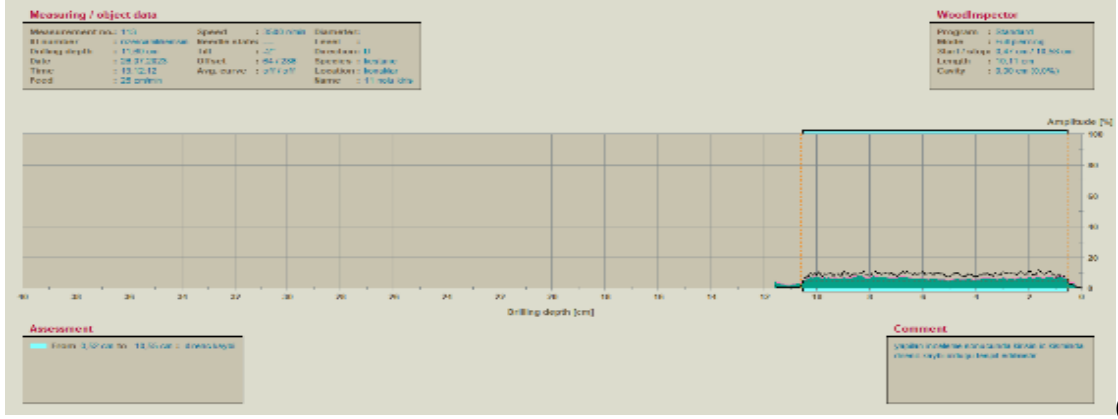
Çalışma kapsamında delme cihazıyla ahşap dikme ve kirişlerde yapılan incelemeler sonucunda bazı ahşap kiriş ve dikmelerin iç kısımlarında tahribat, çürüklük, çatlak/boşluk olduğu tespit edilmiştir. Biryol Evinin kuzey, güney, doğu, batı yönlerine bakan dış cephelerindeki ahşap kiriş ve dikmelerdeki ve bodrum kat tavan kirişleri iç kusur ve bozulmaların tespiti rezistograf cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı çıktılar Şekil 66'da verilmiştir.



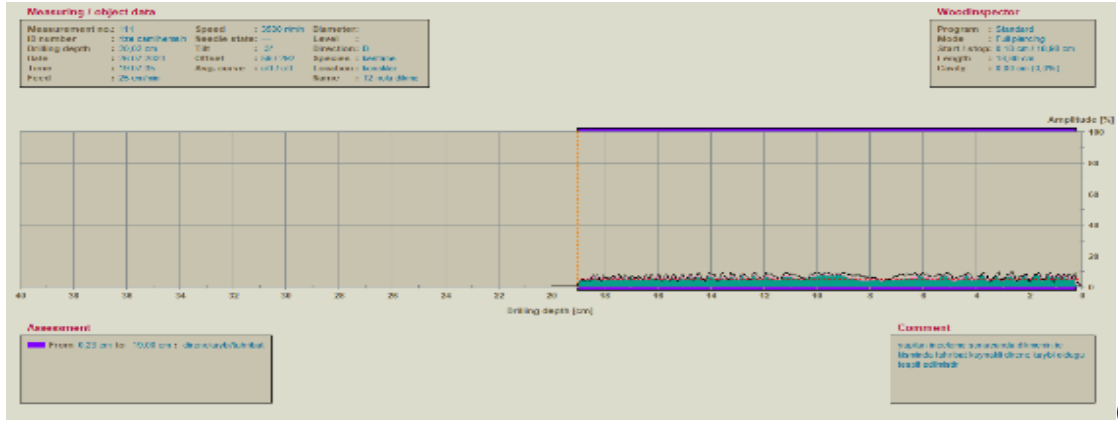
(a)

Şekil 66. Biryol Evinde delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler

(Şekil 66'nın devamı)



(b)



(c)

Şekil 66'da taşıyıcı ahşap elemanların rezistograf cihazıyla incelenmesi sonucunda elde edilen genlik grafiklerinde yüksek tepeler sağlam bölgeyi, daha düşük tepe noktaları ise çürümeyi, çatlakları, bölünmeleri veya bozulmuş bölgeleri temsil etmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, Şekil 66 (a) ve (c)'deki dikmelerde ve (b)'deki kirişin iç kısımlarında hasara bağlı önemli ölçüde direnç kayıpları olduğu saptanmıştır. Şekil 66 (a)'da incelenen dikmenin iç kısımlarında çürüklük/böcek tahribatı nedeniyle çatlak veya boşluk olduğu, Şekil 66 (c)'deki taralı alanda görüldüğü üzere ise pikler sık aralıklarla bir miktar azalmadan sonra tekrar artış göstermiştir. (Verbist vd., 2019). Böcek tahribatının ağaç malzemede oluşturduğu uçuş/yenik delikleri nedeniyle bu genlik profilinin elde edilmesinde etkisinin olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Ses Dalga Yöntemi ve Vida Tutma Direnci ile Elde Edilen Test Sonuçları

Biryol Evinin taşıyıcı kiriş ve dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen veriler sayesinde mekanik direnç özellikleri Bulgular 3.2. başlığı altında verilen korelasyon modelleriyle tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 24'te verilmiştir.

Tablo 24. Biryol Evine ait taşıyıcı kiriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler

K.A	İncelenen Kiriş/kolon kodu	S.D.H (m/s) (Velocity)		MOE _{dinamik} (MPa)		V.T.D (kN)	M.M (MPa)	MOR (MPa)	D.S	Y (g/cm ³)	
		Ort.	Std.	Ort.	Std.	Ort.	Ort.	Ort.		Ort	
BİRYOL EVİ	Kuzey										
	1	N/A	N/A	N/A	N/A	1,37	516,88	45,46	D40	0,42	
	2	N/A	N/A	N/A	N/A	1,37	517,78	45,60	D40	0,43	
	3	N/A	N/A	N/A	N/A	1,72	594,38	57,20	D50	0,49	
	4	N/A	N/A	N/A	N/A	1,61	571,09	53,67	D50	0,47	
	5	3595,31	76,53	6931,22	256,76	1,96	649,49	65,55	D60	0,54	
	6	3539,83	72,67	5093,50	255,44	1,28	495,82	42,27	D40	0,41	
	7	4200,36	103,19	9900,81	361,02	2,09	679,06	70,03	D70	0,56	
	8	N/A	N/A	N/A	N/A	2,13	686,22	71,11	D70	0,57	
	9	N/A	N/A	N/A	N/A	1,53	553,17	50,96	D50	0,45	
	Doğu										
	10	N/A	N/A	N/A	N/A	1,47	539,73	48,92	D40	0,44	
	11	N/A	N/A	N/A	N/A	1,49	544,21	49,60	D40	0,45	
	12	N/A	N/A	N/A	N/A	1,50	545,78	49,84	D40	0,45	
	13	N/A	N/A	N/A	N/A	1,51	548,24	50,21	D50	0,45	
	Güney										
	14	N/A	N/A	N/A	N/A	1,28	497,39	42,51	D40	0,41	
	15	N/A	N/A	N/A	N/A	1,51	548,24	50,21	D50	0,45	
	16	N/A	N/A	N/A	N/A	1,11	458,19	36,57	D30	0,37	
	17	N/A	N/A	N/A	N/A	1,63	575,12	54,28	D50	0,47	
	18	N/A	N/A	N/A	N/A	1,63	575,57	54,35	D50	0,47	
	19	N/A	N/A	N/A	N/A	1,41	526,29	46,89	D40	0,43	
	Batı										
	20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,32	729,23	77,63	D70	0,60
	21	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,36	513,74	44,99	D40	0,42
	22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,57	561,23	52,18	D50	0,46
	23	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,54	554,51	51,16	D50	0,46
	24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,25	714,00	75,32	D70	0,59
	25	4260,05	101,26	8866,44	411,46	1,71	593,04	57,00	D50	0,49	
	26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,05	669,42	68,57	D60	0,55
	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,62	573,55	54,05	D50	0,47
	28	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,73	597,52	57,68	D50	0,49
	29	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,23	485,97	40,78	D40	0,40
	30	4657,81	38,23	9631,24	154,71	1,47	540,18	48,99	D40	0,44	
	31	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,03	665,62	67,99	D60	0,55
32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,20	702,80	73,63	D70	0,58	
33	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,48	541,97	49,26	D40	0,45	
34	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,60	568,85	53,33	D50	0,47	
35	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,56	559,44	51,91	D50	0,46	

(Tablo 24'ün devamı)

Bodrum Kat										
1B	N/A	N/A	N/A	N/A	0,98	429,52	32,23	D30	0,35	
2B	N/A	N/A	N/A	N/A	0,69	364,34	22,35	**	0,30	
3B	N/A	N/A	N/A	N/A	1,16	469,39	38,27	D30	0,38	
4B	N/A	N/A	N/A	N/A	1,70	591,70	56,79	D50	0,49	
5B	N/A	N/A	N/A	N/A	0,90	412,05	29,58	**	0,34	
6B	N/A	N/A	N/A	N/A	1,28	497,62	42,54	D40	0,41	

N/A: Ev içerisindeki kolon ve kirişlerde sensörlerin çakılması ve sonucunda ortaya çıkan görünüm kusurlarından dolayı yapı sahiplerinin izin vermemesinden ve/veya kolon veya kirişlerde tahribatsız test cihazlarıyla test yapılmasının/erişimin mümkün olmadığı durumlarda ölçüm gerçekleştirilememiştir.

** TS EN 338 standardına göre minimum direnç değerlerini taşımamaktadır

Biryol Evi taşıyıcı dikme ve kirişlerinde sesin geçme hızı (velocity), vida tutma direnci, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve makaslama modülü belirlenmiştir. Ses geçme hızı en düşük 3539, en yüksek 4657m/s olarak tespit edilmiştir. Divos, (2002) stres dalga yöntemiyle hesaplanan direnç değerleriyle tahribatlı testlerle saptanan direnç değerleri arasında yüksek korelasyon bulunduğunu bildirmiştir. Palacios vd., (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, 30 farklı türde, 5 farklı yoğunluk grubunda küçük ve kusursuz örneklerde stres dalga ölçümleri yapmıştır. Yapılan bu çalışmada, statik elastikiyet modülünün stres dalga yönteminden elde edilen akustik dalga hızı ile çok iyi ilişki içinde olduğu bulunmuştur. Eğilme direncinin ise stres dalga yönteminden elde edilen dinamik elastikiyet modülü ile çok iyi ilişki içinde olduğu vurgulanmıştır. Vega vd., (2011) büyük boyutlu (kusur içeren) kestane numuneleriyle yaptıkları bir çalışmada, akustik dalga hızının ve bundan elde edilen elastikiyet modülünün, statik elastikiyet modülü ile çok iyi ilişki içinde olduğu bulmalarına karşın, aynı güçlü ilişkinin eğilme direnci ve yoğunluk değerleri ile olmadığını vurgulamıştır.

Vida tutma direnci en düşük 0,90, en yüksek 2,32 kN olarak tespit edilmiştir. Dinamik elastikiyet modülü en düşük 5093, en yüksek 9631 MPa olarak belirlenmiştir. Eski yapılarıdaki taşıyıcı dikme ve kirişlerin elastikiyet modülü normal oduna oranla daha yüksek olduğu literatürde bildirilmiştir(Kránitz 2014; Sonderegger vd., 2015). Dolayısıyla bu çalışmada da elde edilen bulguların literatürle uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Makaslama modülü en düşük 429, en yüksek 729 MPa olarak tespit edilmiştir. Eğilme direnci en düşük 22,35 ve en yüksek 73,63 MPa olarak tespit edilmiştir. Tahribatlı test sonuçlarına göre Biryol Evine ait MOR değeri 51,98 ve MOE değeri ise 8084,64 MPa olarak hesaplanmıştır. Tarihi yapının incelenen taşıyıcı elemanlarından elde edilen tahribatsız MOR ve MOE değerinin tahribatlı elde edilen MOR ve MOE değerleriyle uyumludur.

Yapıdaki taşıyıcı ahşap elemanlarının direnç sınıfları TS EN 338 standardına göre belirlenmiştir. Tablo 26’da Biryol Evinde incelenen taşıyıcılarının %32’si D70, %24’ü D60; %20’si D50, %16’sı D60, %8’i D30 direnç sınıfında olduğu belirlenmiştir. D30 direnç sınıfına giren ahşap taşıyıcılar, yapıda incelenen bütün taşıyıcıların %30’luğunu oluştursa da bu değerlerin aslında D40 direnç sınıfına yakın değerler olduğu görülmektedir. Yapıda incelenen taşıyıcıların çoğunluğunun D70 direnç sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bodrum katta bulunan ahşap taşıyıcılardan 1B dikmesi D30 direnç sınıfına girse de risk altında bulunması nedeniyle, periyodik olarak incelenip gerekli bakım/onarım işlemlerinin yapılması gerekmektedir. 2B ve 5B dikmeleri minimum direnç değerlerini taşımadığı tespit edilmiştir.

Biryol Evinde incelenen taşıyıcı ahşap elemanların ölçülen direnç değerleri sonucunda elde edilen MOE, MOR, vida tutma, makaslama modülü ve yoğunluk üzerine cephelerin etkisinin belirlenmesi için basit varyans analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen istatistiksel analiz sonuçları Tablo 25’te verilmiştir. Tablo 25’te edinilen istatistiksel bulgulara göre Biryol Evinin incelenen taşıyıcı elemanlarının MOE değerlerinin gruplar arası varyans faktörü etkisinin anlamlı düzeyde olmadığı, vida tutma direnci, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerlerinin ise gruplar arası varyans faktörünün anlamlı düzeyde olduğu bulunmuştur.

Tablo 25. Biryol Evinde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi

Direnç Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Serbestlik Der.	Kareler Ort.	F-hesap	Önem Der.
MOE	Gruplar arası	1820359,414	1	1820359,414	,309	,634
	Grup içi	11768636,334	2	5884318,167		
	Toplam	13588995,748	3			
Vida tutma	Gruplar arası	1,665	4	,416	4,341	,007
	Grup içi	2,877	30	,096		
	Toplam	4,542	34			
Makaslama modülü	Gruplar arası	83152,819	4	20788,205	4,310	,007
	Grup içi	144683,261	30	4822,775		
	Toplam	227836,079	34			

(Tablo 25’in devamı)

MOR	Gruplar arası	1908,555	4	477,139	4,312	,007
	Grup içi	3319,678	30	110,656		

	Toplam	5228,233	34			
Yoğunluk	Gruplar arası	,058	4	,014	4,257	,008
	Grup içi	,102	30	,003		
	Toplam	,160	34			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla Biryol Evinin cephelerinde incelenen ahşap taşıyıcı elemanların MOE, vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerlerinin ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının belirlenmesine ilişkin yapılan Tukey testi sonuçları Tablo 26’da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre Biryol Evinin bodrum katından ve cephelerden ölçülen taşıyıcı elemanların direnç değerleri bakımından istatistiksel anlamda etkili olduğu bulunmuş ve gruplar arası farklılık olduğu tespit edilmiştir. En yüksek MOE, vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerleri batı cephesinin taşıyıcı elemanlarından elde edilirken en düşük MOE, vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerlerinin bodrum katında incelenen taşıyıcı elemanlardan elde edildiği tespit edilmiştir.

Tablo 26. Biryol Evinin cepheleri ve bodrum katı arasında yapılan ölçümlerin varyasyon faktörlerinin ortalamaları ve etkileri üzerinde Tukey testi sonuçları

Cephe	N	MOE		Vida Tutma		Makaslama modülü		MOR		Yoğunluk	
		1	HG*	1	HG*	1	HG*	1	HG*	1	HG*
Bodrum	6	1,11	A	1,11	A	460,77	A	36,96	A	,37	A
Güney	6	1,42	A B	1,42	A B	530,13	A B	47,46	A B	,43	A B
Doğu	3	1,50	A B	1,50	A B	546,07	A B	49,88	A B	,45	A B
Kuzey	10	1,65	B	1,65	B	580,36	B	55,07	B	,47	B
Batı	10	1,73	B	1,73	B	599,22	B	57,93	B	,49	B

* Farklı harfler gruplar arasında istatistiksel bakımdan farklılık olduğunu göstermektedir.

Tablo 27. Biryol Evinde yapılan ölçümlerin, cepheye göre ortalama farklılıklarının Dunnett testi sonuçları

Bağımlı değişken	(I) Cephe	(J) Cephe	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Önem der.	95% Güven aralığı	
						Alt sınır	Üst sınır
Vida tutma direnci	Kuzey	Güney	,22467	,12919	,596	-,1978	,6471
		Batı	-,08500	,15086	1,000	-,5617	,3917
		Doğu	,15300	,09832	,715	-,1956	,5016
		Bodrum	,53467	,17373	,096	-,0730	1,1423
	Güney	Kuzey	-,22467	,12919	,596	-,6471	,1978
		Batı	-,30967	,14206	,332	-,7729	,1535
		Doğu	-,07167	,08420	,980	-,4332	,2899
		Bodrum	,31000	,16615	,532	-,2967	,9167
	Batı	Kuzey	,08500	,15086	1,000	-,3917	,5617
		Güney	,30967	,14206	,332	-,1535	,7729
		Doğu	,23800	,11472	,413	-,1689	,6449
		Bodrum	,61967	,18351	,052	-,0049	1,2442
	Doğu	Kuzey	-,15300	,09832	,715	-,5016	,1956
		Güney	,07167	,08420	,980	-,2899	,4332
		Batı	-,23800	,11472	,413	-,6449	,1689
		Bodrum	,38167	,14347	,253	-,2360	,9994
	Bodrum	Kuzey	-,53467	,17373	,096	-1,1423	,0730
		Güney	-,31000	,16615	,532	-,9167	,2967
		Batı	-,61967	,18351	,052	-1,2442	,0049
		Doğu	-,38167	,14347	,253	-,9994	,2360
Makaslama modülü	Kuzey	Güney	50,22867	28,96918	,599	-44,5084	144,9657
		Batı	-18,85900	33,79222	1,000	-125,6466	87,9286
		Doğu	34,28533	22,01422	,714	-43,7961	112,3667
		Bodrum	119,59200	39,03902	,098	-17,0783	256,2623

(Tablo 27'nin devamı)

	Güney	Kuzey	-50,22867	28,96918	,599	-144,9657	44,5084
--	-------	-------	-----------	----------	------	-----------	---------

		Batı	-69,08767	31,85320	,337	-172,9466	34,7713
		Doğu	-15,94333	18,90339	,981	-97,1739	65,2873
		Bodrum	69,36333	37,37322	,538	-67,1419	205,8685
	Batı	Kuzey	18,85900	33,79222	1,000	-87,9286	125,6466
		Güney	69,08767	31,85320	,337	-34,7713	172,9466
		Doğu	53,14433	25,69123	,416	-38,0115	144,3001
		Bodrum	138,45100	41,22449	,054	-1,9557	278,8577
	Doğu	Kuzey	-34,28533	22,01422	,714	-112,3667	43,7961
		Güney	15,94333	18,90339	,981	-65,2873	97,1739
		Batı	-53,14433	25,69123	,416	-144,3001	38,0115
		Bodrum	85,30667	32,28266	,258	-53,7231	224,3365
	Bodrum	Kuzey	-119,59200	39,03902	,098	-256,2623	17,0783
		Güney	-69,36333	37,37322	,538	-205,8685	67,1419
		Batı	-138,45100	41,22449	,054	-278,8577	1,9557
		Doğu	-85,30667	32,28266	,258	-224,3365	53,7231
MOR	Kuzey	Güney	7,60867	4,38798	,599	-6,7411	21,9585
		Batı	-2,85900	5,11876	1,000	-19,0349	13,3169
		Doğu	5,19367	3,33472	,714	-6,6342	17,0215
		Bodrum	18,11700	5,91337	,098	-2,5846	38,8186
	Güney	Kuzey	-7,60867	4,38798	,599	-21,9585	6,7411
		Batı	-10,46767	4,82477	,337	-26,1991	5,2637
		Doğu	-2,41500	2,86304	,981	-14,7180	9,8880
		Bodrum	10,50833	5,66079	,538	-10,1679	31,1846
	Batı	Kuzey	2,85900	5,11876	1,000	-13,3169	19,0349
		Güney	10,46767	4,82477	,337	-5,2637	26,1991
		Doğu	8,05267	3,89157	,416	-5,7552	21,8605
		Bodrum	20,97600	6,24435	,054	-,2915	42,2435

(Tablo 27'nin devamı)

	Doğu	Kuzey	-5,19367	3,33472	,714	-17,0215	6,6342
--	------	-------	----------	---------	------	----------	--------

Yoğunluk		Güney	2,41500	2,86304	,981	-9,8880	14,7180
		Batı	-8,05267	3,89157	,416	-21,8605	5,7552
		Bodrum	12,92333	4,88984	,258	-8,1355	33,9822
	Bodrum	Kuzey	-18,11700	5,91337	,098	-38,8186	2,5846
		Güney	-10,50833	5,66079	,538	-31,1846	10,1679
		Batı	-20,97600	6,24435	,054	-42,2435	,2915
		Doğu	-12,92333	4,88984	,258	-33,9822	8,1355
	Kuzey	Güney	,04467	,02458	,544	-,0356	,1250
		Batı	-,01500	,02840	1,000	-,1046	,0746
		Doğu	,02800	,01879	,753	-,0387	,0947
		Bodrum	,09967	,03290	,102	-,0151	,2144
	Güney	Kuzey	-,04467	,02458	,544	-,1250	,0356
		Batı	-,05967	,02654	,299	-,1462	,0269
		Doğu	-,01667	,01585	,936	-,0850	,0517
		Bodrum	,05500	,03131	,596	-,0593	,1693
	Batı	Kuzey	,01500	,02840	1,000	-,0746	,1046
		Güney	,05967	,02654	,299	-,0269	,1462
		Doğu	,04300	,02129	,442	-,0326	,1186
		Bodrum	,11467	,03439	,057	-,0026	,2320
	Doğu	Kuzey	-,02800	,01879	,753	-,0947	,0387
		Güney	,01667	,01585	,936	-,0517	,0850
		Batı	-,04300	,02129	,442	-,1186	,0326
		Bodrum	,07167	,02701	,255	-,0448	,1881
	Bodrum	Kuzey	-,09967	,03290	,102	-,2144	,0151
		Güney	-,05500	,03131	,596	-,1693	,0593
		Batı	-,11467	,03439	,057	-,2320	,0026
		Doğu	-,07167	,02701	,255	-,1881	,0448

Tablo 27’de Dunnett testinden elde edilen analiz sonuçlarına göre Biryol Evinin incelenen taşıyıcı elemanlarının MOE, vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerlerinin kuzey, güney, doğu ve batı cepheleri ve bodrum katı taşıyıcı elemanlarının direnç değerleri üzerinde etkisinin anlamlı olup olmadığına bakılmıştır. Belirlenen

değerlerin cepheler üzerinde istatistiksel anlamda önemli olmadığı ve anlamlı farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir.

3.4. Çalışma Sahası II - Çamlıhemşin İlçesi Şenköy

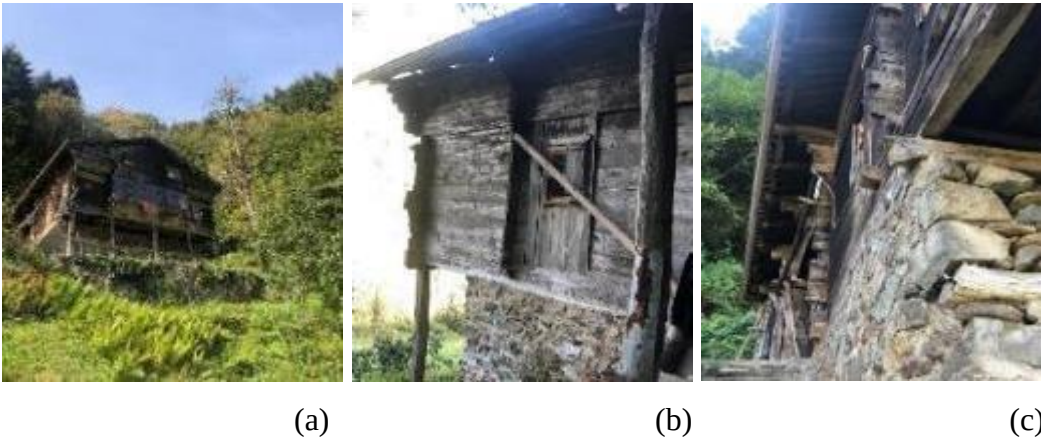
Bu çalışma sahasında üç ahşap yapı incelenmiş olup bu yapılara ilişkin bulgular aşağıda ele alınmıştır.

3.4.1. Çetinkaya Evi

Rize ili Çamlıhemşin ilçesi Şenköy mevkiinde yer alan yaklaşık 170-200 yıllık tarihi geçmişse sahip olduğu tahmin edilen Çetinkaya Evi (Şekil 33-35), 823,10 m yükseltide ve K 40° 57' 04.0696"- D 40° 57' 51.0998" koordinatlarında bulunmaktadır. Tarihi ev kullanılmadığı ve bakımsız bırakıldığı tespit edilmiştir.

Biryol Evi gibi Çetinkaya Evi de yığma taş temel üzerine üst üste ağaç malzemenin birbiri üzerinde geçmesiyle oluşturulmuş, ahşap yığma sistemle yapılmıştır. Binanın ön cephesinde görülen çıkma, ahşap dikmeler üzerine oturtulmuştur. Saçak altlarında ahşap süslemeleri payandalar bulunmaktadır. Üst örtü, iki yöne eğimli (beşik çatı) sistemiyle yapılmış olup kaplama malzemesi olarak oluklu sac kullanılmıştır.

Çetinkaya Evinin doğu (a), kuzey (b) ve güney (c) yönlerine bakan cephe görüntüleri Şekil 67'de kuzeye bakan cephe çizimi Şekil 68'de verilmiştir.

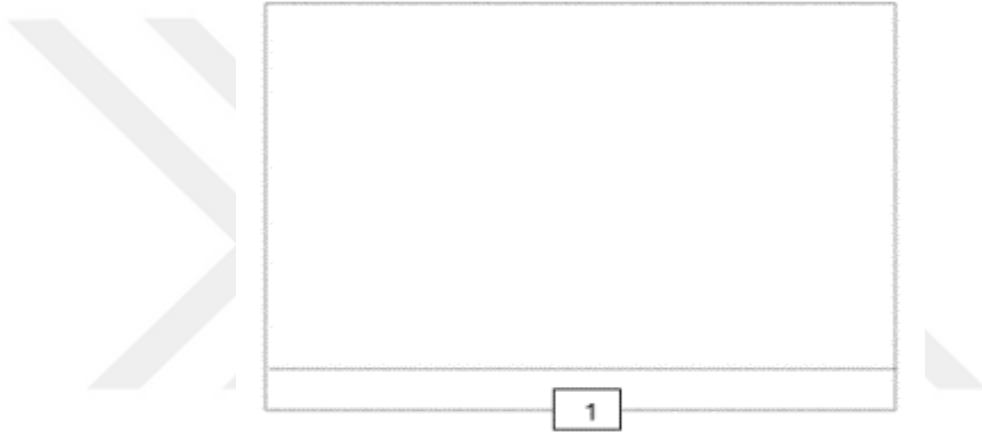


Şekil 67. Çetinkaya Evinin yönlere göre görünümü (a) doğu, (b) kuzey, (c) güney

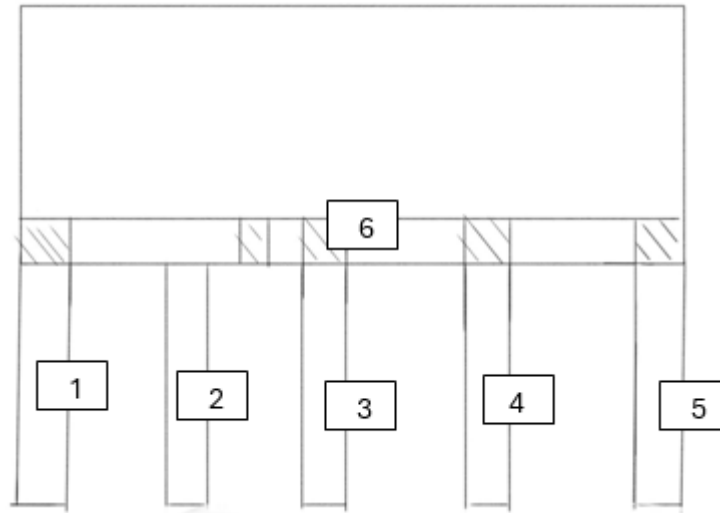


Şekil 68. Çetinkaya Evi kuzey cephesi

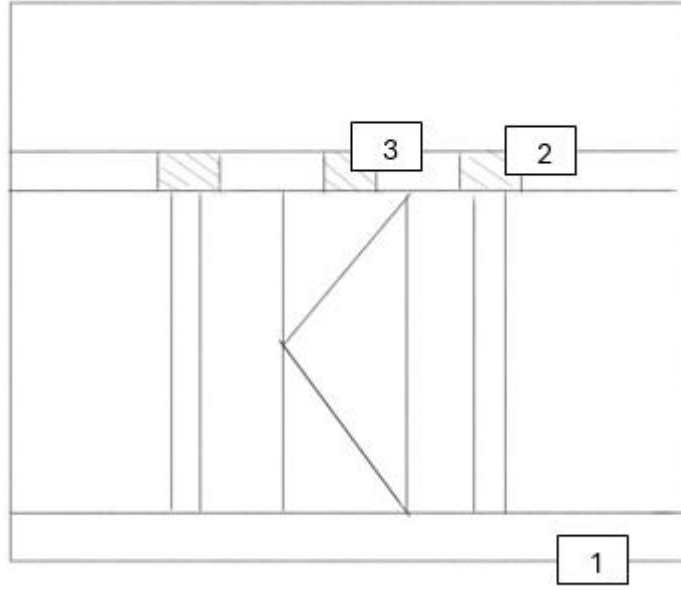
Tarihi ahşap Çetinkaya Evinin, tahribatsız testlerin yapıldığı kirişlerin veya dikmelerin bulundukları yere numara verilmiş ve görünüm kesitleri Şekil 69-72’de belirtilmiştir.



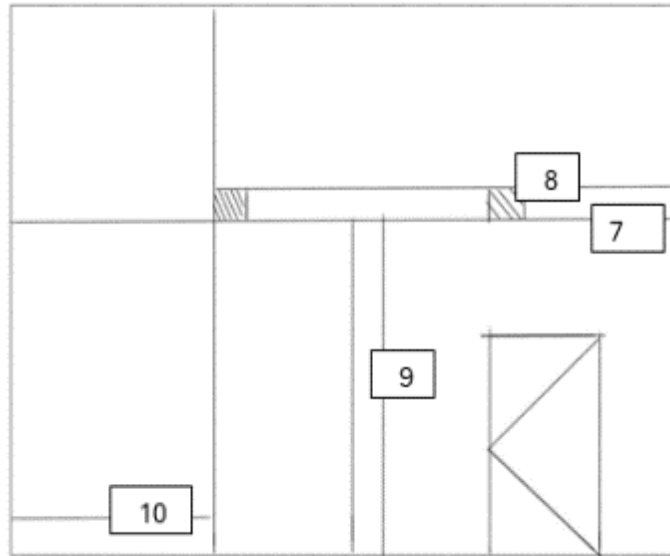
Şekil 69. Çetinkaya Evi batı cephe kirişi



Şekil 70. Çetinkaya Evi doğu cephe kiriş ve dikmeleri



Şekil 71. Çetinkaya Evi güney cephe kirişleri



Şekil 72. Çetinkaya Evi kuzey cephe dikme ve kirişleri

Çetinkaya Evine ilişkin elde edilen bulgular, ilgili başlıklar altında aşağıda verilmiştir.

- Görsel İncelemelere İlişkin Bulgular

Dış ortam koşullarının etkisine maruz kalan Çetinkaya Evinin taşıyıcı sisteminin ve ahşap yapı elemanlarının durum değerlendirmesine Tablo 28’de yer verilmiştir.

Tablo 28. Çetinkaya Evinin dış cephe durum değerlendirmesi

Ağaç malzemenin ve Yapısal Bozulma Durumlarının Değerlendirilmesi									
Taşıyıcı Elemanlar							Yapı elemanları		
Duvar sistemi		Diğer elemanlar		Üst örtü			Kapı	Pencere	Merdiven
Ahşap	Dolgu	Kiriş	Dikme	Kaplama	Konstrüksiyon	Saçak			
3	-*	3	3	1	2	4	3	3	-*

*Yapı veya taşıyıcı elemanın mevcut olmadığını göstermektedir.

Çetinkaya Evindeki görsel incelemeler sonucunda bazı bulgular edinilmiştir. Doğu yönüne bakan tarafta bulunan beş adet ahşap dikey taşıyıcıda çatlak ve yarıklar bununla birlikte böcek tahribatı bulunmaktadır. Boyutları sırasıyla; boyu 1 m'yi geçen 2 cm genişliğinde; 0,5-1 cm genişliğinde, genişliği 1 cm'den fazla ve son olarak 1,5 cm'den fazla olan boyuna yönlü çatlaklar ölçülmüştür. Kalınlık boyunca ilerlemeyen ve 1,5 m'den veya parça uzunluğunun ½'sinden fazla olmayan çatlaklar göz ardı edilebilmektedir (EN 14801-1, 2005). Dikey taşıyıcıların tümünde böcek tahribatı olduğu gözlenmiştir. Ahşap dikmeler içinde 3 numaralı dikme hariç diğerlerinin toprakla teması kesilmiştir. Toprakla temas eden 1 numaralı dikmede ve toprakla temas etmeyen, Şekil 34 (f)'te yer alan 3 numaralı dikmede esmer çürüklük olduğu tespit edilmiştir. Batıya bakan cephedeki dikmelerde böcek tahribatına rastlanmamış, ahşap dikmede çatlak ve yarıklar olduğu gözlenmiştir. Şekil 34 (e, c ve b)'de dikmelerin bazılarında mevcut lif eğriliklerinden çatlaklar eğrilik boyunca devam etmektedir. Dikmelerin tümünde dış ortam etkilerine bağlı renk değişikliği oluşmuştur. Dikmelerin toprakla teması taşla kesilmiştir.

Çetinkaya Evinin dış hava şartlarına (weathering) maruz kalmadan kaynaklı ahşap yüzeylerde ileri seviyede renk değişikliği olduğu tespit edilmiştir. Şekil 73 (a, d)'te çatı taşıyıcılarının bakımsız kalması ve su sızdırması herhangi bir hava olayında (yağmur, kar vb.) ahşap doğramaların ıslanmasına sebep olmuştur. Yoğun rutubete maruz kalan yerlerde renk değişimiyle birlikte çürümeler olduğu buna bağlı mantar çürüklüğü tahribatı olduğu gözlenmiştir. Böcek tahribatı mantar çürüklüğün olduğu alanlarda kendini göstermiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 73. (a) Taşıyıcı kirişlerde ve döşemede rutubete ve çürümeye bağlı oluşan kusurlar
 (b) Taşıyıcı kirişte yoğun böcek tahribatı ve yarıma, (c) Kirişte derin çatlaklar ve yarılmalar, (d) Çatı taşıyıcılarında çürüklük ve böcek tahribatı, (e) Ahşap dikmedeki derin çatlaklar, (f) Ahşap dikmede çürüme, böcek tahribatı ve renk değişimi

21,16 ve en yüksek 108,44 MPa olarak tespit edilmiştir. Tahribatlı test sonuçlarına göre Çetinkaya Evine ait MOR değeri 64,32 ve MOE değeri ise 9047,07 MPa olarak hesaplanmıştır.

Tablo 29. Çetinkaya Evine ait taşıyıcı kiriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler

K.A	İncelenen Kiriş/ kolon kodu	S.H.D.H (m/s) (Velocity)		MOE _{dinamik} (MPa)		V.T.D (kN)	M.M (MPa)	MOR (MPa)	D.S	Y (g/cm ³)
		Ort.	Std.	Ort.	Std.					
ÇETİNKAYA EVİ	Doğu									
	1	4743,16	51,73	13692,89	253,00	2,35	735,28	78,55	D70	0,61
	2	3775,79	76,27	5681,96	244,83	1,23	486,41	40,85	D40	0,40
	3	4226,1	56,32	9955,43	102,35	2,07	674,57	69,35	D60	0,56
	4	3653,1	68,77	5798,41	157,67	1,42	528,97	47,29	D40	0,43
	5	3939,6	83,41	7712,14	356,24	1,75	602,89	58,49	D50	0,50
	6	4835,2	29,87	17222,9	278,93	3,02	886,98	101,52	D70	0,74
	Kuzey									
	7	3987,8	727,1	11895,2	4319,4	3,08	900,36	103,55	D70	0,75
	8	3713,0	523,8	4454,36	1469,5	0,84	397,04	27,31	**	0,32
	9	3960,7	269,3	8400,16	976,59	1,96	648,59	65,41	D60	0,54
	10	3140,8	227,3	7647,53	113,07	3,23	932,62	108,44	D70	0,78
	Güney									
	1	4340,9	869,6	13403,9	3267,8	2,89	856,912	96,97	D70	0,71
	2	N/A	N/A	N/A	N/A	0,58	339,024	18,52	**	0,27
	3	3163,2	248,2	2890,56	1085,1	0,65	356,496	21,16	**	0,29
	Batı									
	1	4116,6	638,7	8856,39	1435,6	1,89	633,36	63,11	D60	0,52

N/A: Ev içerisindeki kolon ve kirişlerde sensörlerin çakılması ve sonucunda ortaya çıkan görünüm kusurlarından dolayı yapı sahiplerinin izin vermemesinden ve/veya kolon veya kirişlerde tahribatsız test cihazlarıyla test yapılmasının/erişimin mümkün olmadığı durumlarda ölçüm gerçekleştirilememiştir.

** TS EN 338 standardına göre minimum direnç değerlerini taşımamaktadır.

Yapıdaki taşıyıcı ahşap elemanların direnç sınıfları TS EN 338 standardına göre belirlenmiştir. Tablo 31’de Çetinkaya Evinin ahşap taşıyıcılarının %45,45’inin direnç sınıfı D70’e; %27,27’sinin D60’a; %9,09’unun D50’ye ve %18,18’inin D40’a girdiği belirlenmiştir. D30 direnç sınıfına giren ahşap taşıyıcı eleman bulunmadığı, tarihi ahşap yapıdaki incelenen taşıyıcıların çoğunun D70 direnç sınıfında olduğu belirlenmiştir. Kuzeyde 8 numaralı ve güneydeki 2, 3 numaralı ahşap kirişlerin değerlendirmeler sonucunda TS EN 338 standardına göre minimum direnç değerlerini taşımadığı tespit edilmiştir.

Çetinkaya Evinin ahşap taşıyıcı elemanlarında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen MOE, MOR, vida tutma, makaslama modülü ve yoğunluk değerlerinin cepheler üzerindeki

etkisinin belirlenmesi için basit varyans analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen istatistiksel analiz sonuçları Tablo 30’da verilmiştir. Tablo 30’da edinilen istatistiksel bulgulara göre Çetinkaya Evinin ahşap taşıyıcı elemanlarının MOE, vida tutma direnci, makaslama modülü, MOR ve yoğunluğun gruplar arası varyans faktörü etkisinin anlamlı düzeyde olmadığı bulunmuştur.

Tablo 30. Çetinkaya Evinde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi

Direnç Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Serbestlik Der.	Kareler Ort.	F-hesap	Önem Der.
MOE	Gruplar arası	10813639,877	3	3604546,626	,189	,901
	Grup içi	190607276,779	10	19060727,678		
	Toplam	201420916,656	13			
Vida tutma	Gruplar arası	1,425	3	,475	,560	,652
	Grup içi	9,327	11	,848		
	Toplam	10,752	14			
Makaslama modülü	Gruplar arası	71313,385	3	23771,128	,559	,653
	Grup içi	467814,000	11	42528,545		
	Toplam	539127,385	14			
MOR	Gruplar arası	1638,971	3	546,324	,560	,652
	Grup içi	10732,995	11	975,727		
	Toplam	12371,966	14			
Yoğunluk	Gruplar arası	,053	3	,018	,573	,644
	Grup içi	,339	11	,031		
	Toplam	,392	14			

3.4.2. Gedik Konağı

Rize ili Çamlıhemşin ilçesi Şenköy mevkiinde yer alan ve 170-200 yıllık geçmişe sahip Gedik Konağı (Şekil 36), 838,93 m yükseltide ve K 40° 57’ 02.1507”-D 40° 57’ 52,9509” koordinatlarında bulunmaktadır. Ev yaz aylarına kullanıma açılmakta olup, kış aylarında kullanılmamaktadır.

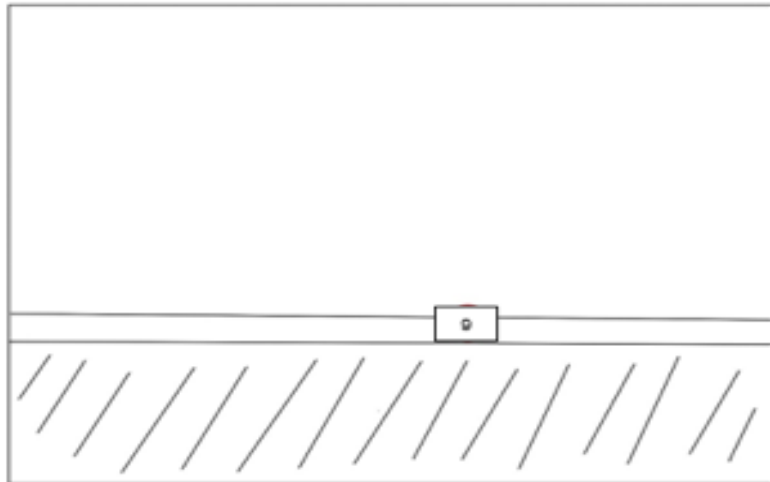
Gedik Konağının yaklaşık yarım metre kalınlığında moloz taşla yapılan temel duvarları yükseltilerek yapının arazideki konumuna göre bodrum kat elde edilmiştir. Diğer incelenen ahşap yapılarda da olduğu gibi yine ahşap yığma sistem moloz taşların üzerinde yükselmektedir. Cephelerde görünen kurtboğaz tekniği yine yığma tekniğini destekleyici

olarak kullanılmıştır. Üst örtü, dört yöne eğimli (kıрма çatı) sistemiyle yapılmıştır. Kaplama malzemesi öncesinde kiremit iken bozulan malzeme sac ile değiştirilmiştir. Tarihi evde sonradan yapılmış yağmur oluğu bulunmaktadır. Ahşap yapının yıllar içinde bakımı yapılmış, üst örtü ve pencere kanatları onarılmıştır. Gedik Konağının güney (a), doğu (b) ve kuzey (c) yönlerine bakan cephe görüntüleri Şekil 36’da (a) batı , (b) güney, (c) kuzey cephesi görünüşleri Şekil 75’te verilmiştir.

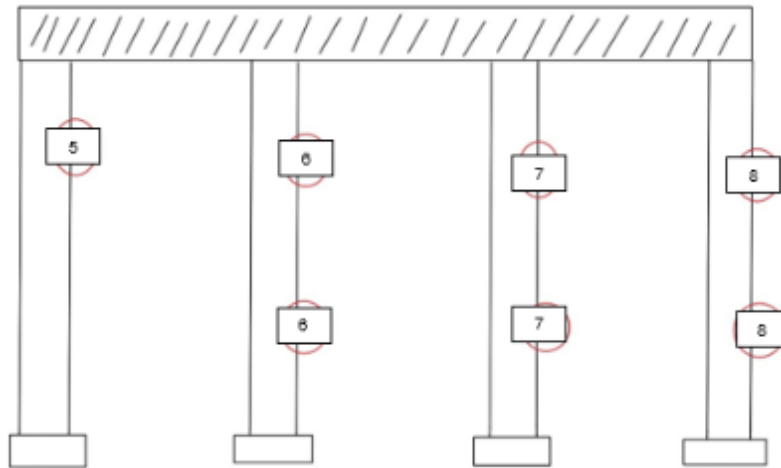


Şekil 75. (a) Gedik Konağı batı cephesi , (b) Güney cephesi, (c) Kuzey cephesi

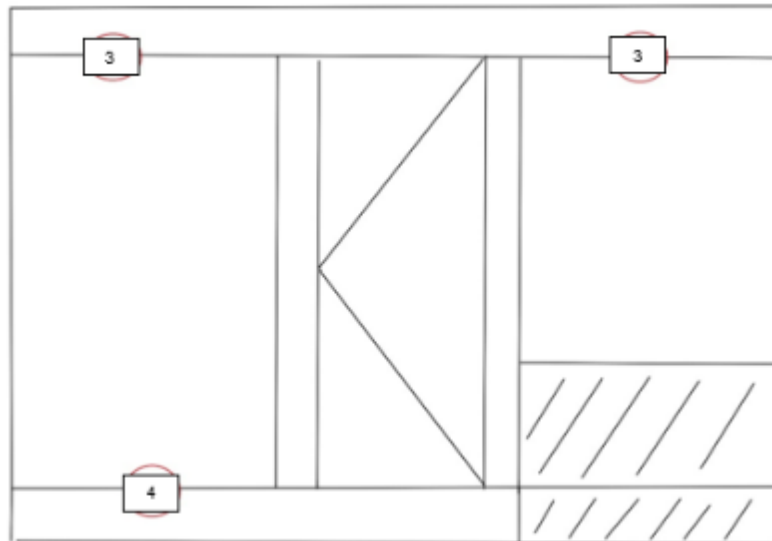
Tarihi ahşap Gedik Konağında, tahribatsız testlerin yapıldığı kirişlerin veya dikmelerin bulundukları yere numara verilmiş ve görünüm kesitleri Şekil 76-79’da belirtilmiştir.



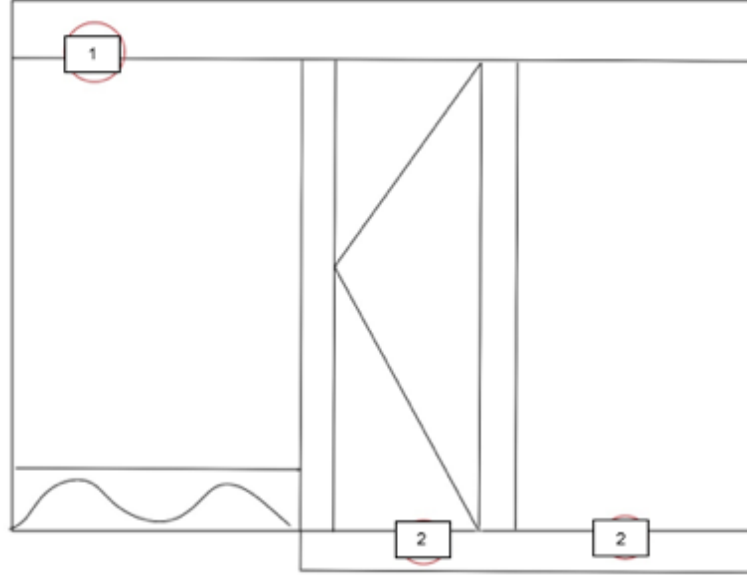
Şekil 76. Gedik Konağı batı cephe kirişi



Şekil 77. Gedik Konağı doğu cephe dikmeleri



Şekil 78. Gedik Konağı kuzey cephe girişleri



Şekil 79. Gedik konağı güney cephe kirişleri

Gedik Konağına ilişkin elde edilen bulgular, ilgili başlıklar altında aşağıda verilmiştir.

- Görsel İncelemelere İlişkin Bulgular

Dış ortam koşullarının etkisine maruz kalan Gedik Konağının taşıyıcı sisteminin ve ahşap yapı elemanlarının durum değerlendirmesine Tablo 31’de yer verilmiştir.

Tablo 31. Gedik Konağı durum değerlendirmesi

Ağaç malzemenin ve Yapısal Bozulma Durumlarının Değerlendirilmesi									
Taşıyıcı Elemanlar							Yapı elemanları		
Duvar sistemi		Diğer elemanlar		Üst örtü			Kapı	Pencere	Merdiven
Ahşap	Dolgu	Kiriş	Dikme	Kaplama	Konstrüksiyon	Saçak			
2	-*	2	2	0	1	2	2	2	-*

*Yapı veya taşıyıcı elemanın mevcut olmadığını göstermektedir.

Gedik Konağında yapılan incelemeler sonucunda ev yakın zamanda bakıma tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgulara göre ahşap yapının yağmur suyu tahliyesi sonradan ve düzgün yapılmıştır. Bu sebeple yapının rutubet almasının önüne geçilmiştir. Çatı saçaklarına

rutubet etkisi şekil 80 (c) 'de görülmektedir. Şekil 80 (a)'da doğu cephesindeki ahşap dikmeleri suyun etkisinden korumak amacıyla dikmelerin bulunduğu zemin, taşla toprakla bağlantı kesilmiştir. Tarihi Konağın yapımında kurtboğaz tekniği denilen geçme sistemi kullanılmıştır. Bu sistemde ahşap elemanlar birbirlerine geçirilerek yapının yükseltilmesi sağlanmıştır. Bu sebeple yapım aşamasında çivi kullanılmamıştır. Ahşap iskeletin geçme yerlerinin olduğu enine kesitler dış hava koşullarına maruz kalan ahşapta çalışmaya bunun sonucunda oluşan gerilmelere karşılık çatlaklar oluştuğu tespit edilmiştir. Enine kesitlerde odunun doğal dayanımının fazla olduğu öz kısmı kullanılmıştır. Şekil 80 (f)' de, özden çevreye doğru oluşan çatlaklar bulunmaktadır. Şekil 80 (e) 'de suya veya rutubete sürekli maruz kalan ahşap taşıyıcı elemanlarda beyaz çürüklük tespit edilmiştir. Şekil 80 (b)' de ev içi ahşap zemin döşemesinde böcek tahribatı ve mekanik aşınma görülmektedir. Konağın bozulan ahşap panjurları restore edilmiştir. Şekil 80 (d)'de dışa bakan cephelerin hepsinin yoğun UV degradasyonuna maruz kaldığı belirlenmiştir.



Şekil 80. (a) Batıya yönündeki dikmede çatlak oluşumu (a) Ev içi zeminde oluşan mekanik aşınma ve böcek tahribatı (c) Rutubetin çatı saçaklarına etkisi (d) UV degradasyonu (e) Hava şartlarının (yağmur, kar suyu) kapı doğramasında oluşturduğu yüzey erozyonu (yıkınma) (f) Enine kesitlerde oluşan çatlakların görüntüsü

(Şekil 80'in devamı)



(c)



(d)



(e)

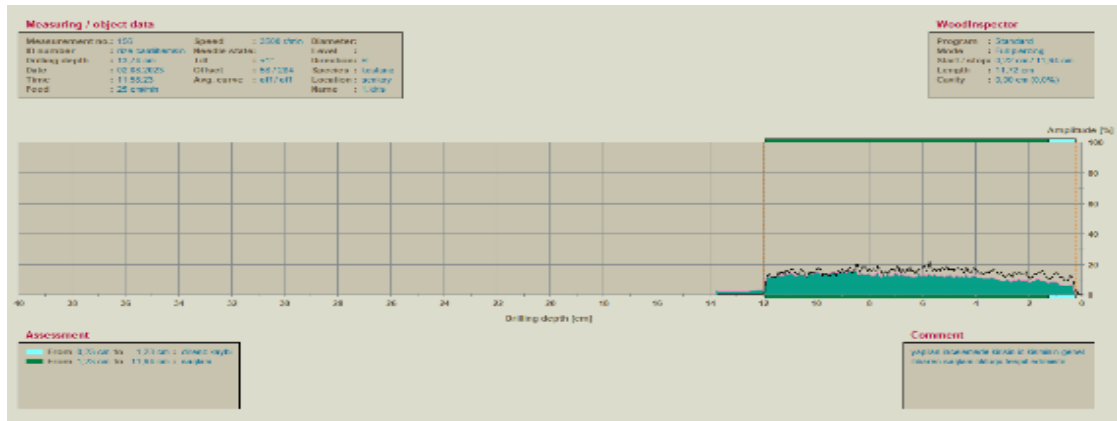


(f)

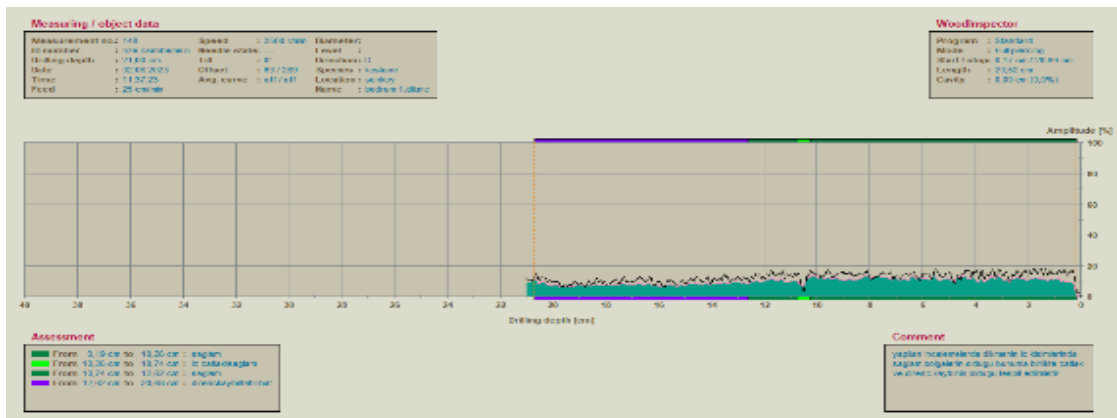
- Tahribatsız Testlere İlişkin Bulgular

Delme Direnci

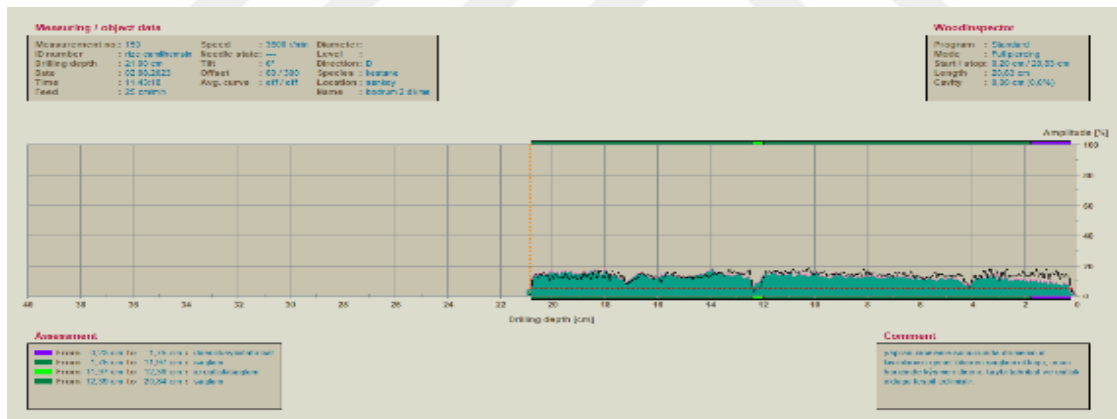
Çalışma kapsamında delme cihazıyla yapılan incelemeler sonucunda bazı ahşap kiriş ve dikmelerin iç kısımlarında tahribat, çürüklük, çatlak/boşluk olduğu tespit edilmiştir. Gedik Konağının kuzey, güney, doğu ve batı yönlerine bakan dış cephelerindeki ahşap kiriş ve dikmelerdeki iç kusur ve bozulmaların tespiti rezistograf cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı çıktılar Şekil 81’de verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 81. Gedik Konağında delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler

Rezistograf profilinde görüldüğü üzere, yüksek tepeler sağlam bölgeyi, daha düşük tepe noktaları ise çürümeyi, çatlakları, bölünmeleri veya bozulmuş bölgeleri temsil etmektedir. Şekil 81’de elde edilen sonuçlara göre, (a)’da kirişin iç kısmında ölçüm başında fazla olmamakla birlikte direnç kaybı belirlenmiş olmasına rağmen kirişin kalan kısmının sağlam olduğu tespit edilmiştir. (b)’de incelenen dikmenin iç kısımlarında iç çatlak/boşlukların olduğu fakat hala sağlamlığını koruduğu sonucu elde edilmiştir. Ahşap dikmenin bazı kısımlarında direnç kayıpları/tahribat olduğu belirlenmiştir. (c)’de taralı

bölgenin başlangıcında kirişin iç kısmında tahribat olduğu ölçümün devamında tespit edilen iç çatlak/boşluklara rağmen kirişin hala sağlam olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ses Dalga Yöntemi ve Vida Tutma Direnci ile Elde Edilen Test Sonuçları

Gedik Konağının taşıyıcı kiriş ve dikmelerinde (Şekil 37-40) tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen veriler sayesinde mekanik direnç özellikleri Bulgular 3.2. başlığı altında verilen korelasyon modelleriyle tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo 32. Gedik Konağına ait taşıyıcı kiriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler

K.A	İncelenen Kiriş/kolon kodu	S.D.H (m/s) (Velocity)		MOE _{dinamik} (MPa)		V.T. D (kN)	M.M (MPa)	MOR (MPa)	D.S	Y (g/cm ³)
		Ort.	Std.	Ort.	Std.	Ort.	Ort.	Ort.		Ort
GEDİK KONAĞI	Güney									
	1	3826,2	59,47	8088,52	296,56	2,05	668,75	68,47	D60	0,55
	2	4369,2	52,92	13023,3	277,16	2,73	822,42	91,75	D70	0,68
	Kuzey									
	3	4067,1	56,11	10246,3	256,09	2,40	748,05	80,48	D70	0,62
	4	N/A	N/A	N/A	N/A	1,93	642,99	64,57	D60	0,53
	Doğu									
	5	4360,2	391,10	14695,2	789,23	3,21	929,94	108,03	D70	0,77
	6	3374,9	217,67	6391,9	931,43	2,09	679,06	70,03	D70	0,56
	7	3770,2	53,87	10183,7	225,80	2,92	862,96	97,89	D70	0,72
	8	3960,3	276,84	9727,0	1427,58	2,41	748,94	80,62	D70	0,62
	Batı									
	9	4133,2	31,50	11169,9	152,35	2,58	788,82	86,66	D70	0,65

N/A: Ev içerisindeki kolon ve kirişlerde sensörlerin çakılması ve sonucunda ortaya çıkan görünüm kusurlarından dolayı yapı sahiplerinin izin vermemesinden ve/veya kolon veya kirişlerde tahribatsız test cihazlarıyla test yapılmasının/erişimin mümkün olmadığı durumlarda ölçüm gerçekleştirilememiştir.

Gedik Konağı taşıyıcı dikme ve kirişlerinde sesin geçme hızı (velocity), vida tutma direnci, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve makaslama modülü belirlenmiştir. Ses geçme hızı en düşük 3374, en yüksek 4367 m/s olarak tespit edilmiştir. Ses geçme hızının yüksek olması ağaç malzemenin elastikiyet modülünün yüksek olduğuna işaret etmektedir. Vida tutma direnci en düşük 1,93 en yüksek 3,21 kN olarak tespit edilmiştir. Dinamik elastikiyet modülü en düşük 6391, en yüksek 14695 MPa olarak belirlenmiştir. Eski yapılardaki taşıyıcı dikme ve kirişlerin elastikiyet modülü normal oduna oranla daha yüksek olduğu literatürde bildirilmiştir (Kránitz 2014; Sonderegger vd., 2015). Bu çalışmada da elde edilen bulgular literatürle uyumludur. Makaslama modülü en düşük 642, en yüksek 929 MPa olarak tespit

edilmiştir. Eğilme direnci en düşük 64,57 en yüksek 108,03 MPa olarak tespit edilmiştir. Tahribatlı test sonuçlarına göre Gedik Konağına ait MOR değeri 83,16 ve MOE değeri ise 10336,6 MPa olarak tespit edilmiştir.

Gedik Konağındaki taşıyıcı ahşap elemanların direnç sınıfları TS EN 338 standardına göre belirlenmiştir. Tablo 32’de Gedik Konağının taşıyıcılarının %77,77’sinin direnç sınıfı D70’a ve %22,22’sinin D60’a girdiği belirlenmiştir. D30 direnç sınıfına giren ahşap taşıyıcı eleman tespit edilememiştir. Yapıda incelenen taşıyıcılardan D70’e ait direnç sınıfına girenlerin , D60’tan fazla olduğu tespit edilmiştir.

Gedik Konağında bulunan taşıyıcı elemanlarda yapılan ölçümler sonucunda elde edilen MOE, MOR, vida tutma, makaslama modülü ve yoğunluk değerleri üzerinde cephelerin etkisinin belirlenmesi için basit varyans analizi gerçekleştirilmiş ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 33’te verilmiştir. Tablo 33’te edinilen istatistiksel bulgulara göre Gedik Konağının MOE, vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluğunun gruplar arası varyans faktörü etkisinin anlamlı düzeyde olmadığı bulunmuştur.

Tablo 33. Gedik Konağında yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi

Direnç Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Serbestlik Der.	Kareler Ort.	F-hesap	Önem Der.
MOE	Gruplar arası	4755131,994	3	1585043,998	,188	,901
	Grup içi	50704726,975	6	8450787,829		
	Toplam	55459858,969	9			
Vida tutma	Gruplar arası	,348	3	,116	,631	,621
	Grup içi	1,102	6	,184		
	Toplam	1,450	9			
Makaslama modülü	Gruplar arası	17096,219	3	5698,740	,614	,630
	Grup içi	55658,462	6	9276,410		
	Toplam	72754,682	9			
MOR	Gruplar arası	389,518	3	129,839	,608	,634
	Grup içi	1281,776	6	213,629		
	Toplam	1671,295	9			
Yoğunluk	Gruplar arası	,012	3	,004	,606	,635
	Grup içi	,040	6	,007		
	Toplam	,052	9			

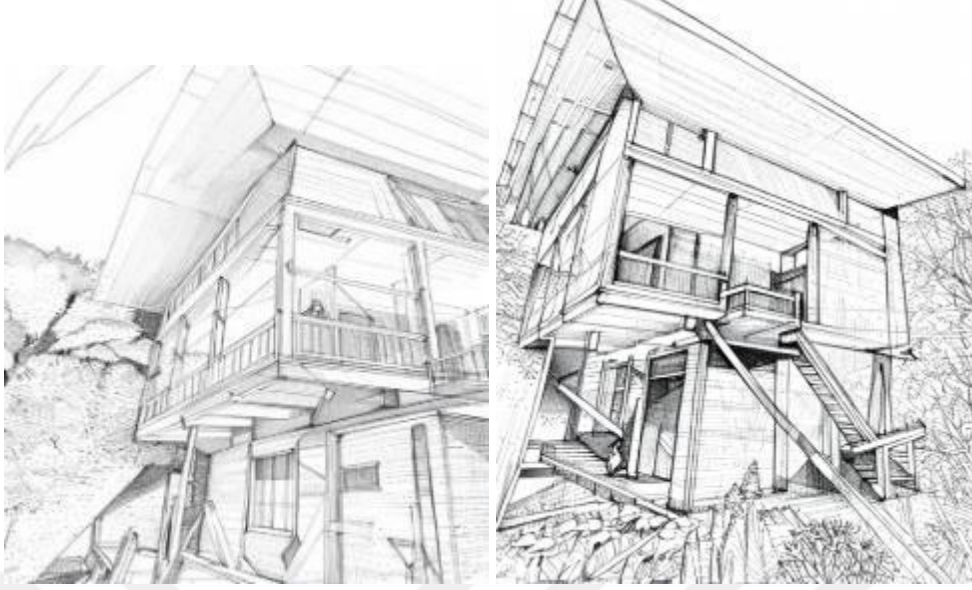
3.4.3. Gedik Konağı Serender

Rize ili amlıhemşin ilçesi Şenköy mevkiinde bulunan Gedik Konağı Serenderi (Şekil 82), 840,92 m yükseltide ve K 40° 57' 01.4941"- D 40° 57' 52.5515" koordinatlarında bulunmakta olup yaklaşık 170-200 yıllık geçmişinin olduğu tahmin edilmektedir.

Gedik Konağı Serenderi, kendine özgü strüktürü, ahşap karkas ve ahşap yığma tekniğinin birlikte kullanımından oluşmuştur. Zemindeki yastık taşlarının üzerine köşeleri yarım geçme ile birleşen Serender yerleştirilmiştir. Direkler üzerine kurulan Serenderin alt kısmının tamamıyla boş olduğu belirlenmiştir. Üst örtüsü iki yöne eğimli çatı biçiminde yapılmış olup sacı kaplanmıştır. Şekil 83'te Gedik Konağı Serenderin doğu (a) ve kuzey (b) cephe görüşlerine ait çizimler verilmiştir.



Şekil 82. Gedik Konağı Serender

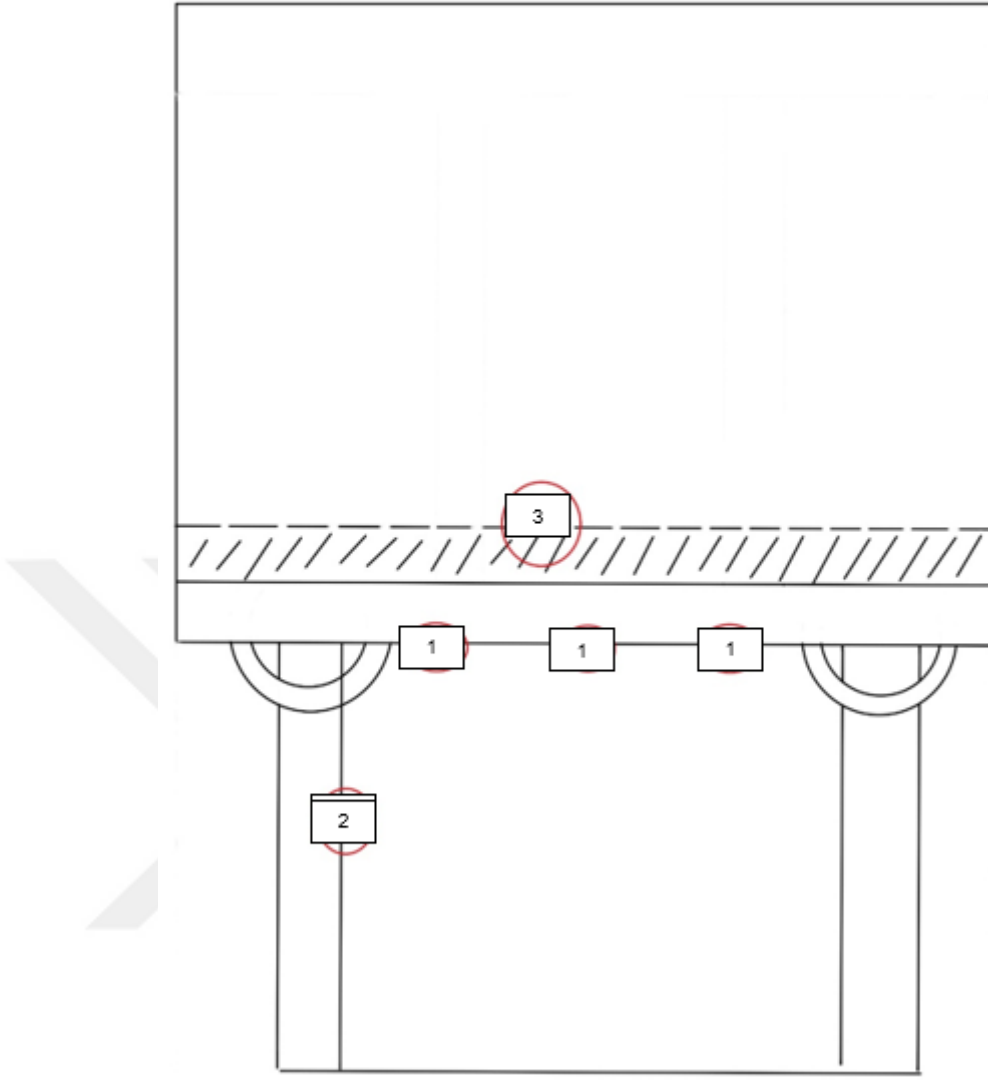


(a)

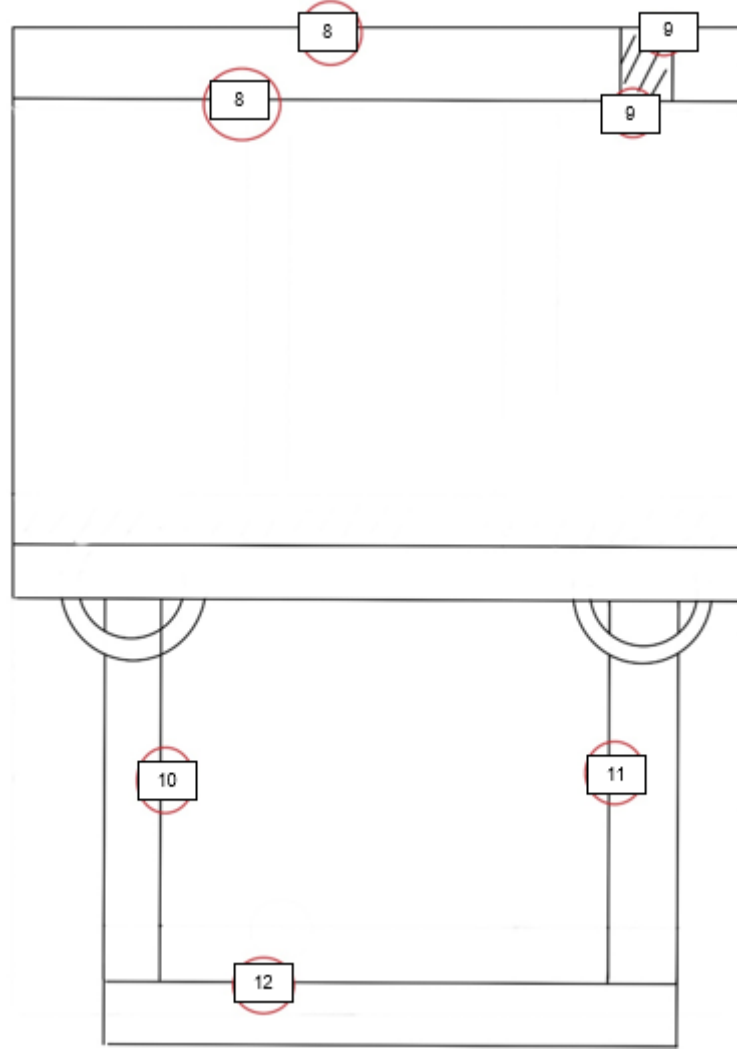
(b)

Şekil 83. (a) Gedik Konağı Serender doğu cephe görünüşü (b) Kuzey cephe görünüşü

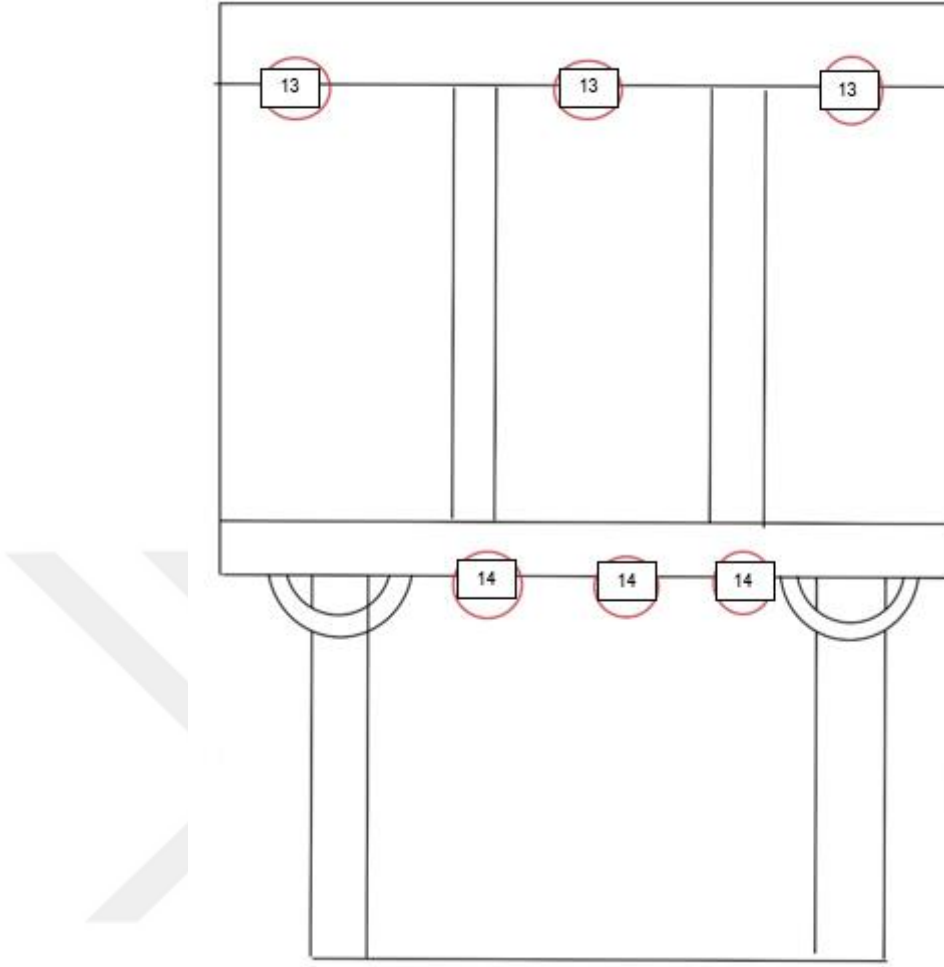
Tarihi ahşap Gedik Konağı Serenderin, tahribatsız testlerin yapıldığı kirişlerin veya dikmelerin bulundukları yere numaralandırılmış ve görünüm kesitlerine ait çizimler Şekil 84-87’de belirtilmiştir.



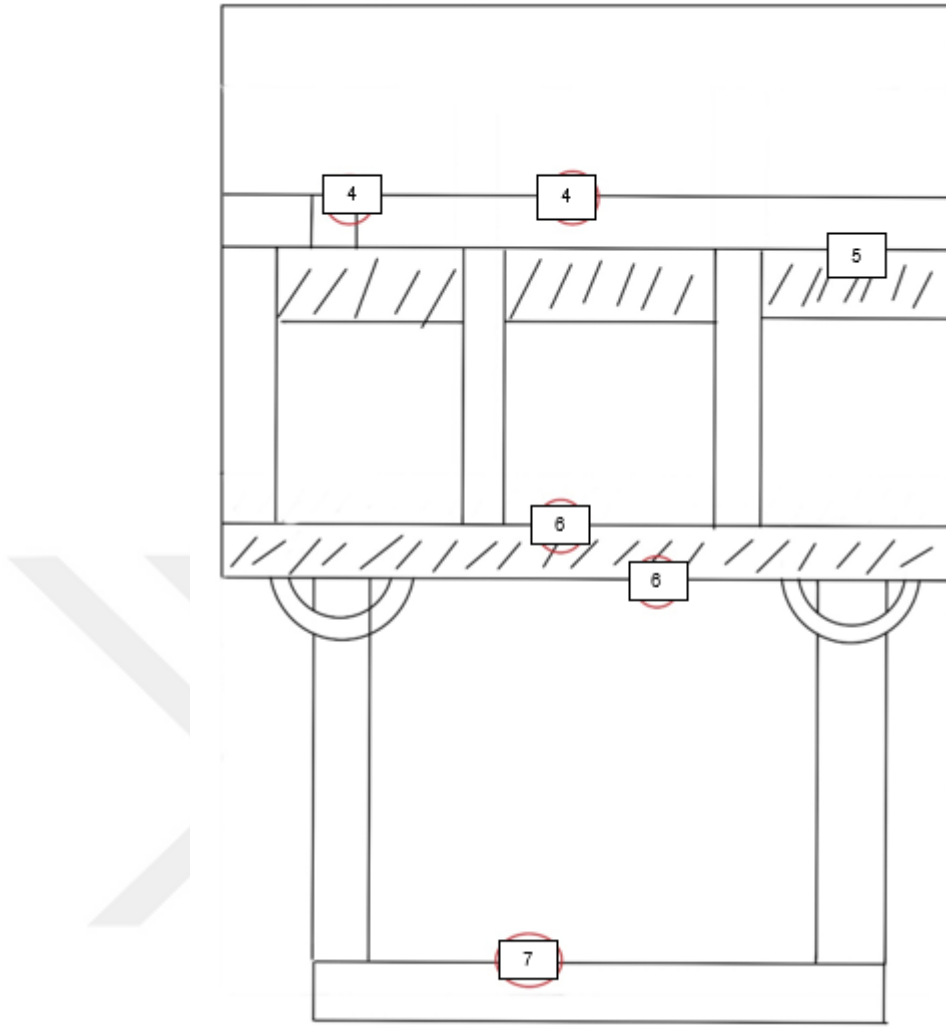
Şekil 84. Serenderin batı yönüne bakan kiriş ve dikmeler



Şekil 85. Serenderin doğu yönüne bakan kiriş ve dikmeler



Şekil 86. Serenderin güney yönüne bakan kirişler



Şekil 87. Serenderin kuzey yönüne bakan kirişler

Gedik Konağı Serenderine ilişkin elde edilen bulgular, ilgili başlıklar altında aşağıda verilmiştir.

- Görsel İncelemelere İlişkin Bulgular

Dış ortam koşullarının etkisine maruz kalan Gedik Konağı Serenderin taşıyıcı sisteminin ve ahşap yapı elemanlarının durum değerlendirmesine Tablo 34’te yer verilmiştir.

Tablo 34. Serenderin dış cephe durum değerlendirmesi

Ağaç malzemenin ve Yapısal Bozulma Durumlarının Değerlendirilmesi									
Taşıyıcı Elemanlar							Yapı elemanları		
Duvar sistemi		Diğer elemanlar		Üst örtü			Kapı	Pencere	Merdiven
Ahşap	Dolgu	Kiriş	Dikme	Kaplama	Konstrüksiyon	Saçak			
3	-*	3	3	3	3	3	3	3	4

*Yapı veya taşıyıcı elemanın mevcut olmadığını göstermektedir.

Şekil 88 (b ve c)'de , Serenderde yapılan görsel incelemeler, yapının taşıyıcılarıyla birlikte dış cephe yüzeylerinde UV degradasyonu etkisine bağlı yoğun renk değişikliği oluşmuştur. Şekil 88 (a)'da ahşap taşıyıcı elemanlarının bağlanma yerinde çatlaklı ve pürüzlü yüzeyler olduğu belirlenmiştir.



(a)

(b)

(c)

Şekil 88. (a) Ağaç malzemenin bağlantı yerlerinde görülen çürüme böcek yenikleri, (b) Taşıyıcı dikmede UV etkisi, çatlak ve böcek tahribatı, (c) Ağaç malzeme yüzeyinde renk değişimi, (d) UV degradasyonu ve çürüme, (e) Taşıyıcıda çatlak/yarık görünümü

(Şekil 88'in devamı)



(d)

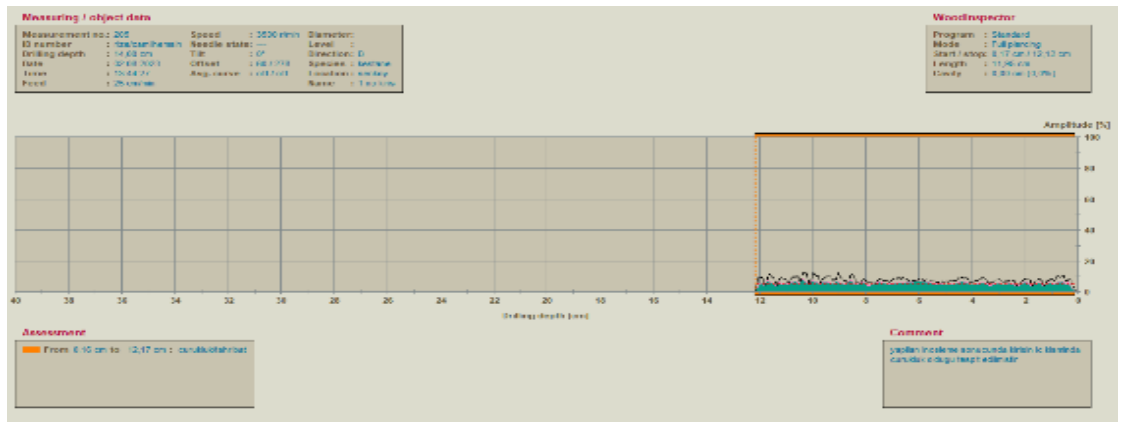
(e)

Şekil 88 (e)'de, Serender yapıda ahşap kirişlerin birbirine geçtiği birleşim yerinde çatlak oluşumu tespit edilmiştir. Şekil 88 (d)'de böcek ve çürüklük mantarlarının tahribatı ve dış ortam koşullarına maruz kalmadan kaynaklı yüzeyde renk değişimi ve erozyonuna yapı elemanlarının çoğunda rastlanmıştır.

- Tahribatsız Testlere İlişkin Bulgular

Delme Direnci

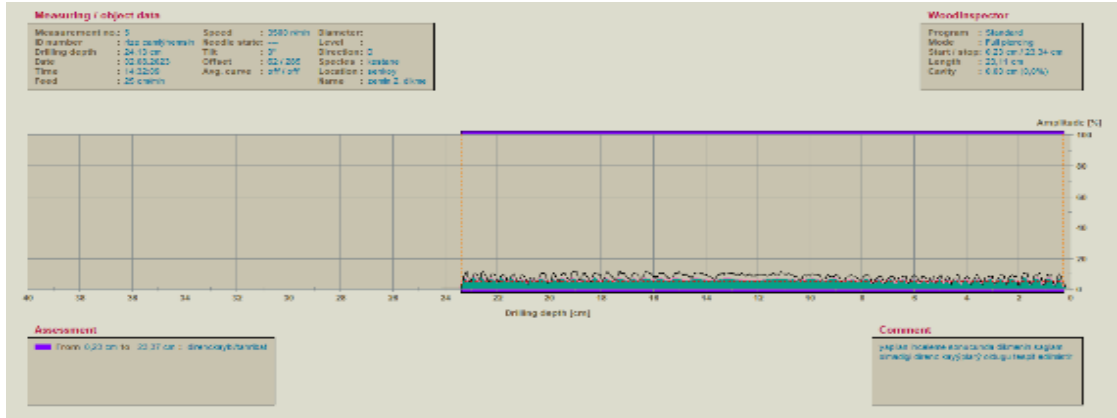
Çalışma kapsamında delme cihazıyla yapılan incelemeler sonucunda bazı ahşap kiriş ve dikmelerin iç kısımlarında tahribat, çürüklük, çatlak/boşluk olduğu tespit edilmiştir. Gedik Konağı Serenderin kuzey, güney, doğu ve batı yönlerine bakan dış cephelerindeki ahşap kiriş ve dikmelerdeki iç kusur ve bozulmaların tespiti rezistograf cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı çıktılar Şekil 89'da verilmiştir.



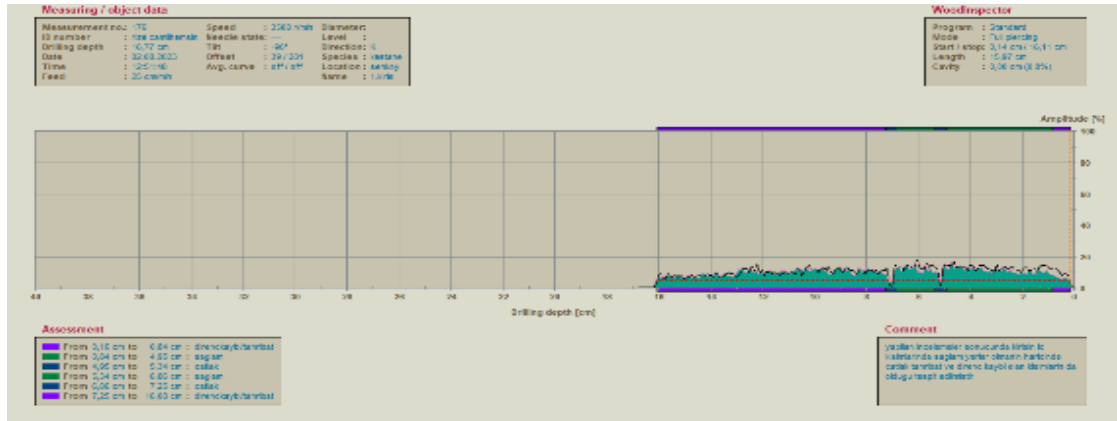
(a)

Şekil 89. Gedik konağı Serenderde delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler

(Şekil 89'un devamı)



(b)



(c)

Rezistograf grafiklerinde, yüksek tepeler sağlam bölgeyi, daha düşük tepe noktaları ise çürümeyi, çatlakları, bölünmeleri veya bozulmuş bölgeleri temsil etmektedir. Şekil 89'da analiz edilen sonuçlara göre, (a)'ya ait kirişte iç kısımlarında çürüme ve tahribat olduğu görülmektedir. (b)'de incelenen dikmenin iç kısımlarında tahribata ilişkin (çürüklük veya) direnç kayıpları olduğu tespit edilmiştir. (c)'deki kirişin iç kısmında sağlam kısımlar olmakla birlikte çatlaklar ve çürüme olduğu buna bağlı direnç kayıpları meydana geldiği belirlenmiştir. Wilcox, (1978) çalışmasında kahverengi çürüklük mantarınca (*Serpula lacrymans*) tahrip olan bir kirişte, ağaç malzeme yoğunluğunun yalnızca %10'unu kaybederken, bu durumun diğer taraftan %80 mukavemet kaybına yol açabildiği sonucuna ulaşmıştır. Direnç profilindeki küçük bir düşüşün büyük bir güç kaybına karşılık gelme olasılığının muhtemel olabildiğini göstermektedir.

Ses Dalga Yöntemi ve Vida Tutma Direnci ile Elde Edilen Test Sonuçları

Gedik Konağı Serenderin Evinin taşıyıcı kiriş ve dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen veriler sayesinde mekanik direnç

özellikleri Bulgular 3.2. başlığı altında verilen korelasyon modelleriyle tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 35'te verilmiştir.

Gedik Konağı Serender, taşıyıcı dikme ve kirişlerinde sesin geçme hızı (velocity), vida tutma direnci, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve makaslama modülü direnci modülü belirlenmiştir. Ses geçme hızı en düşük 3514, en yüksek 4270 m/s olarak tespit edilmiştir. Ses geçme hızının yüksek olması ağaç malzemenin elastikiyet modülünün yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 35. Gedik Konağı Serendere ait taşıyıcı kiriş ve dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler

K.A	İncelenen Kiriş/kolon kodu	S.D.H (m/s) (Velocity)		MOE _{dinami} (MPa)		V.T.D (kN)	M.M (MPa)	MOR (MPa)	D.S	Y (g/cm ³)
		Ort.	Std.	Ort.	Std.	Ort.	Ort.	Ort.		Ort.
GEDİK KONAĞI SERENDER	Batı									
	1	3950,10	159,65	6445,89	469,36	1,31	503,66	43,46	D40	0,41
	2	3867,98	178,66	7773,48	659,33	1,87	629,78	62,56	D60	0,52
	3	4270,95	212,78	9994,95	571,54	2,02	663,38	67,65	D60	0,55
	Kuzey									
	4	3750,59	789,36	8144,04	569,32	2,19	700,11	73,22	D70	0,58
	5	4006,41	891,66	7316,94	987,32	1,54	554,29	51,13	D50	0,46
	6	3846,79	782,11	6916,21	851,46	1,60	567,95	53,20	D50	0,47
	7	4257,25	987,36	6901,20	774,21	1,14	465,36	37,66	D30	0,38
	Doğu									
	8	3469,46	136,53	4720,02	539,40	1,20	650,83	65,75	D60	0,39
	9	3977,87	213,51	5372,86	441,23	0,92	416,53	30,26	D30	0,34
	10	3514,66	191,47	4535,46	511,28	1,07	449,23	35,21	D30	0,37
	11	3634,97	207,36	5705,77	697,23	1,41	566,38	52,96	D50	0,43
	12	4182,45	190,70	6809,71	684,71	1,19	475,44	39,18	D30	0,39
	Güney									
	13	3829,27	307,21	6531,71	578,92	1,48	541,97	49,26	D40	0,45
	14	3992,04	389,41	6309,25	524,33	1,22	483,28	40,37	D40	0,40

N/A: Ev içerisindeki kolon ve kirişlerde sensörlerin çakılması ve sonucunda ortaya çıkan görünüm kusurlarından dolayı yapı sahiplerinin izin vermemesinden ve/veya kolon veya kirişlerde tahribatsız test cihazlarıyla test yapılmasının/erişimin mümkün olmadığı durumlarda ölçüm gerçekleştirilememiştir.

Vida tutma direnci en düşük 0,92 en yüksek 2,19 kN olarak tespit edilmiştir. Dinamik elastikiyet modülü en düşük 5372, en yüksek 9994 MPa olarak belirlenmiştir. Eski yapılarıdaki taşıyıcı dikme ve kirişlerin elastikiyet modülü normal oduna oranla daha yüksek olduğu literatürde bildirilmiştir. Bu çalışmada da elde edilen bulguların literatürle benzer sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Makaslama modülü en düşük 416, en yüksek 700 MPa

olarak tespit edilmiştir. Eğilme direnci en düşük 30,26 en yüksek 73,22 MPa olarak tespit edilmiştir. Tahribatlı test sonuçlarına göre Gedik Konağı Serendere ait MOR değeri 50,13 ve MOE değeri ise 6676,96 MPa olarak belirlenmiştir. Tarihi yapının incelenen taşıyıcı elemanlarından elde edilen tahribatsız MOR ve MOE değerinin tahribatlı elde edilen MOR ve MOE değeriyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Yapıdaki taşıyıcı ahşap elemanlarının direnç sınıfları TS EN 338 standardına göre belirlenmiştir. Tablo 37’de Gedik Konağı Serender taşıyıcılarının %7,14’ünün direnç sınıfı D70’a; %21,42’sinin D60’a; %21,42’sinin D50’ye ; %21,42’sinin D40’a ve %28,57’sinin D30’a girdiği belirlenmiştir. Yapıda incelenen taşıyıcıların çoğunluğunun D30 direnç sınıfında olduğu belirlenmiştir. D60, D50 ve D40 direnç sınıfına girenlerin eşit oranlarda olduğu tespit edilmiştir. Doğu cephesine ait 9 numaralı taşıyıcı eleman (30,26 MPa) D30 direnç sınıfına girmiş olsa da risk altında bulunmaktadır.

Gedik Konağı Serenderin ahşap taşıyıcı elemanları üzerinde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen MOE, MOR, vida tutma, makaslama modülü ve yoğunluk değerleri üzerinde cephelerin etkisinin belirlenmesi amacıyla basit varyans analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen istatistiksel analiz sonuçları Tablo 38’de verilmiştir. Tablo 38’de edinilen istatistiksel bulgulara göre Gedik Konağı Serenderin MOE, gruplar arası varyans faktörü etkisinin anlamlı düzeyde olduğu vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerlerinin gruplar arası anlamlı düzeyde olmadığı bulunmuştur.

Tablo 36. Gedik Konağı Serenderde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi

Direnç Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Serbestlik Der.	Kareler Ort.	F-hesap	Önem Der.
MOE	Gruplar arası	15407185,490	3	5135728,497	4,773	,026
	Grup içi	10760497,881	10	1076049,788		
	Toplam	26167683,371	13			
Vida tutma	Gruplar arası	,798	3	,266	2,642	,107
	Grup içi	1,007	10	,101		
	Toplam	1,805	13			
Makaslama modülü	Gruplar arası	19171,482	3	6390,494	,792	,525
	Grup içi	80640,118	10	8064,012		
	Toplam	99811,600	13			
MOR	Gruplar arası	440,049	3	146,683	,793	,525
	Grup içi	1850,303	10	185,030		
	Toplam	2290,352	13			
Yoğunluk	Gruplar arası	,029	3	,010	2,620	,108
	Grup içi	,037	10	,004		
	Toplam	,066	13			

3.5. Çalışma Sahası III (Pazar İlçesi Papatya Köyü)

Bu çalışma sahasında üç ahşap yapı incelenmiş olup bu yapılara ilişkin bulgular aşağıda ele alınmıştır.

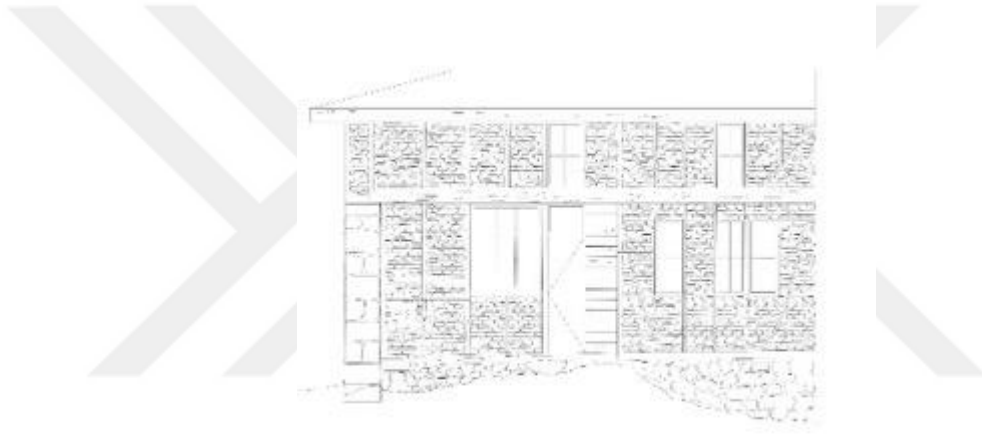
3.5.1. Aydoğan Evi

Rize ili Pazar ilçesi Papatya köyü mevkiinde bulunan Aydoğan Evi (Şekil 31), 269,97 m yükseltide K 41° 7' 31.8448"-D 40° 54' 36.5746" koordinatlarında bulunmaktadır. 150-200 yıllık tarihi geçmişi olan Aydoğan Evinin ahşap taşıyıcılarının performansı yapılan çalışmalar neticesinde belirlenmiştir. Ev yaz ve kış aylarında kullanılmakta inşa edildiğinden itibaren bakımı yapılmamıştır.

Aydoğan Evi geleneksel ev mimarisine biçim veren duvar tekniklerinden ahşap çatma yapı sistemine göre inşa edilmiştir. Yapıya ilk bakıldığında tuğla malzemesinin kullanımı dikkat çekmektedir. Tuğla, Doğu Karadeniz bölgesinde yapı ustalarının genellikle tercih ettikleri malzemeler arasında gelmemektedir. Bu sebeple de bölgede yaygın olarak kullanılmamıştır. Binanın yığma beden duvarlarının üstünde ahşap çatma ve taş dolgu strüktür yükselmektedir. Yapının, ahşap bağlantıların çapraz olup, üçgen kesitlerin ortaya çıktığı muskalı dolma yapım tekniğiyle kullanılmıştır. Muskalı sistem, strüktürün yapım sisteminden ve yapım malzemesinden ileri gelen bir cephe görünümü oluşturmaktadır. Bu yapıda da duvarlarının sıvanmamasının dekoratif etkileri cephe görünümüne yansımıştır. Kapı, pencereler ve saçaklar ağaç malzemeden oluşmaktadır. Üst örtü, dört omuz (dört yöne eğimli) sistem yapım tekniğiyle yapılmış olup kaplama malzemesinde oluklu kiremit kullanılmıştır. Binada çıkma bulunmamaktadır. Şekil 90'da Aydoğan Evinin güney (a) ve kuzey (b) cephe görünüşleri ve Şekil 91'de güney cephe çizimi verilmiştir.

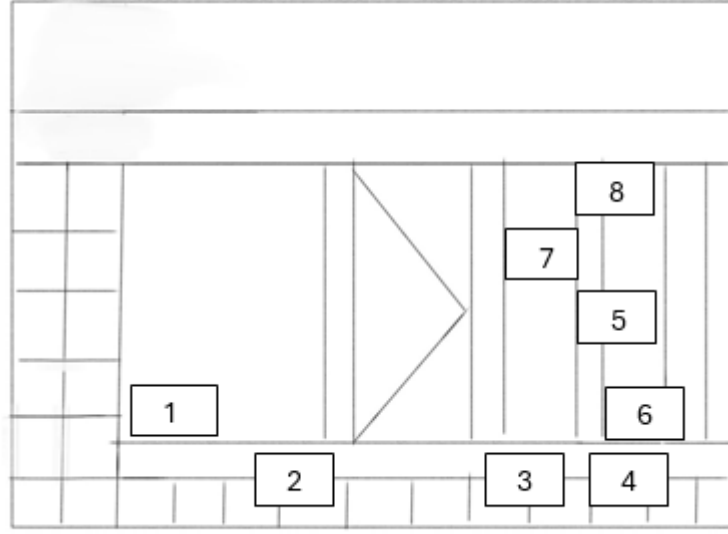


Şekil 90. (a) Aydoğan Evi güney cephe görünüşü, (b) Kuzey cephe görünüşü

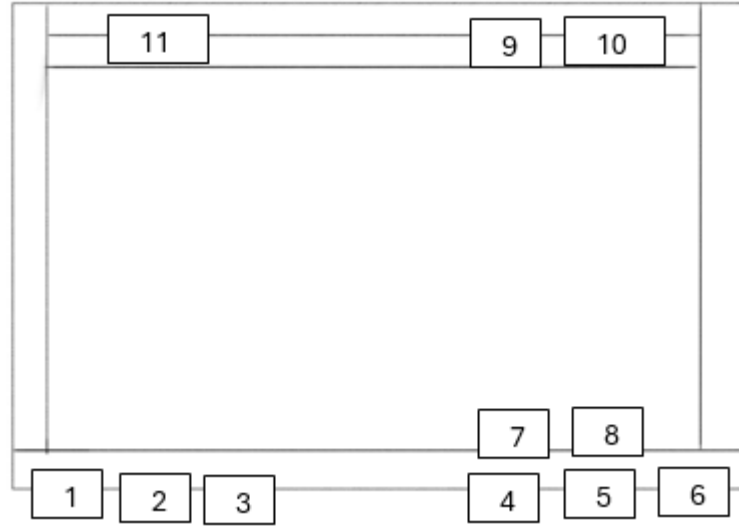


Şekil 91. Aydoğan Evi güney cephe çizimi

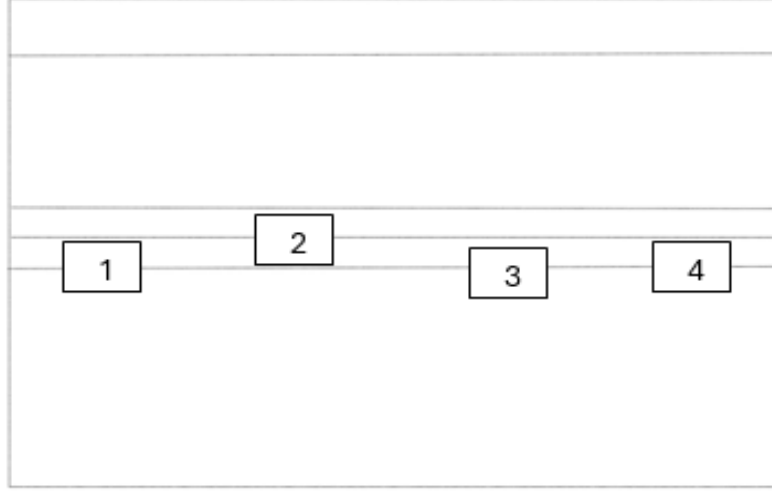
Tarihi ahşap Aydoğan Evinin, tahribatsız testlerin yapıldığı kirişlerin veya dikmelerin bulundukları yere numaralandırılmış ve görünüm kesitlerine ait çizimler Şekil 92-94'te belirtilmiştir.



Şekil 92. Aydoğan Evi güney cepheye bakan dikme ve kirişler



Şekil 93. Aydoğan Evi kuzey cepheye bakan kirişler



Şekil 94. Aydoğan Evi doğu cepheye bakan kiriş

Aydoğan Evine ilişkin elde edilen bulgular, ilgili başlıklar altında aşağıda verilmiştir.

- Görsel İncelemelere İlişkin Bulgular

Dış ortam koşullarının etkisine maruz kalan Aydoğan Evinin taşıyıcı sisteminin ve ahşap yapı elemanlarının durum değerlendirmesine Tablo 37’de yer verilmiştir.

Tablo 37. Aydoğan Evi dış cephe durum değerlendirmesi

Ağaç malzemenin ve Yapısal Bozulma Durumlarının Değerlendirilmesi									
Taşıyıcı Elemanlar							Yapı elemanları		
Duvar sistemi		Diğer elemanlar		Üst örtü			Kapı	Pencere	Merdiven
Ahşap	Dolgu	Kiriş	Dikme	Kaplama	Konstrüksiyon	Saçak			
3	4	3	3	4	4	4	3	3	-*

*Yapı veya taşıyıcı elemanın mevcut olmadığını göstermektedir.

Aydoğan Evinin görsel değerlendirmeye ilişkin bulgularında Şekil 95 (a)’da çatı izolasyonu yetersiz olması, yapının hava şartları karşısında korunaksız olmasına bu sebeple doğramaların yoğun suyla temas halinin sürekliliğine sebep olmuştur. Rutubete maruz kalan ahşap çatı saçakları biyolojik zararlıların tahribatına maruz kalmış ve mantar çürüklüğü oluşmuştur. Şekil 95 (c) ’ de güneş ışığı ve hava şartlarının ahşap dikmenin üzerindeki etkisi görülmektedir. Şekil 95 (b)’de sürekli ıslanıp kuruyan aynı zamanda çalışan ağaç malzemede çatlaklar ve yarılmalar, renk değişikliği olduğu belirlenmiştir. Ağaç malzemenin toprak

veya zeminle temas ettiği kısımlarda mantar çürüklüğü ile beraberinde böcek tahribatının varlığı tespit edilmiştir. Kapı ve pencere kanatları ve dış cephe doğramalarında atmosferik etkiler sonucunda (yağmur, kar, rüzgâr, UV) gümüşümsü gri bir renk oluştuğu belirlenmiştir. Şekil 95 (d)'de, doğu cephesine bakan yönde ahır kapısında meydana gelen yüzey erozyonu ve çürümenin sebep olduğu görünüm görülmektedir. Şekil 95 (e)'de, ahşap yapının zemininde oluşan toprak kayması nedeniyle taşıyıcı duvar kayarak bombelik oluşturmıştır.

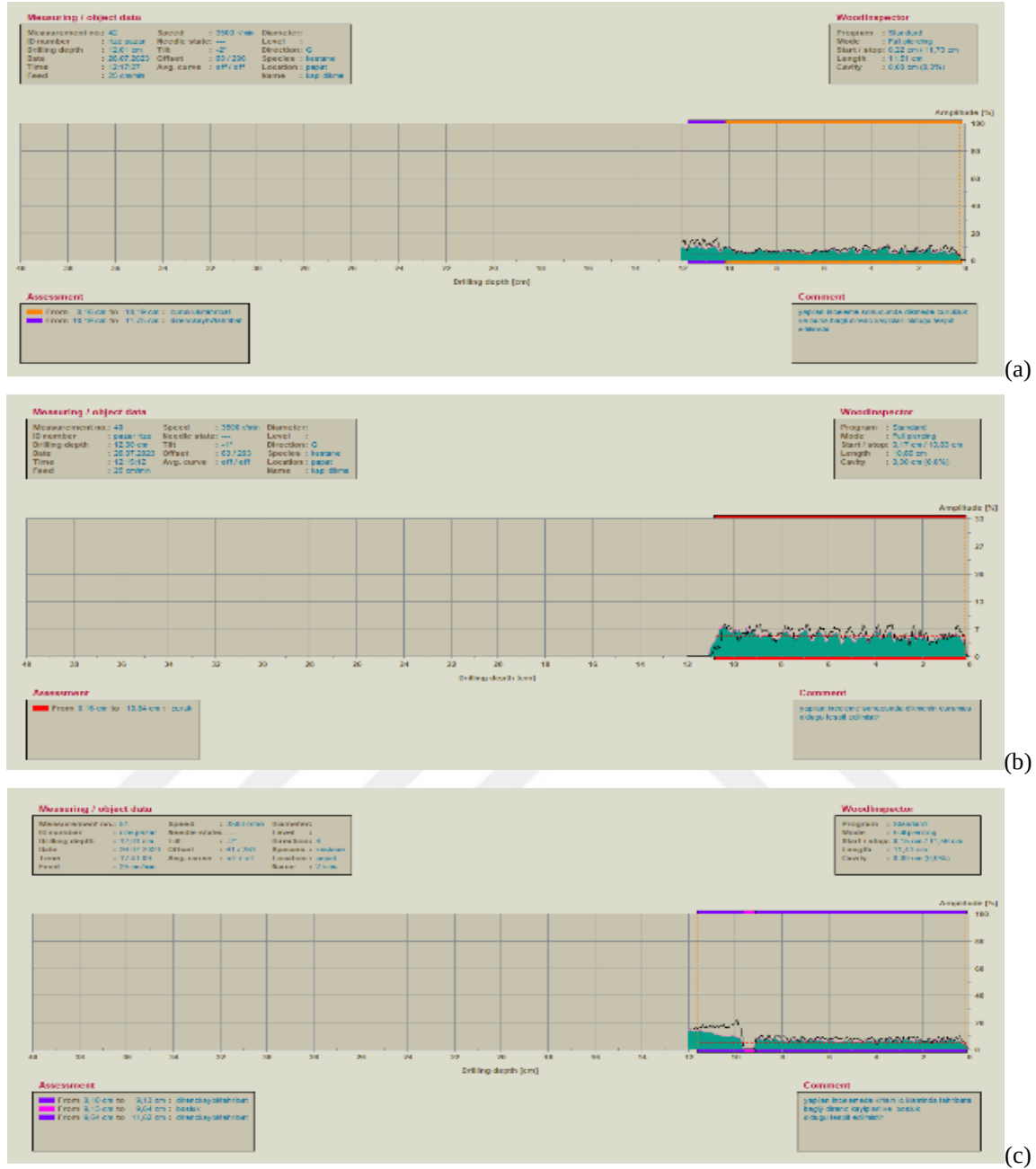


Şekil 95. (a) Çatı taşıyıcılarındaki bozulma, (b) Ağaç malzemenin birbirine geçtiği enine kesitlerde rutubete bağlı deformasyon (c) Dikmede renk değişikliği ve böcek tahribatı (d) Yüzey erozyonu ve çürüme, (e) Yapının zemininde kayma sebebiyle taşıyıcı duvarda oluşan bombe

- Tahribatsız Testlere İlişkin Bulgular

Delme Direnci

Çalışma kapsamında delme cihazıyla yapılan incelemeler sonucunda bazı ahşap kiriş ve dikmelerin iç kısımlarında tahribat, çürüklük, çatlak/boşluk olduğu tespit edilmiştir. Aydoğan Evinin kuzey, güney ve doğu yönlerine bakan dış cephelerindeki ahşap kiriş ve dikmelerin iç kısımlarındaki kusur ve tahribatların tespiti rezistograf cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı çıktılar Şekil 96'da verilmiştir.



Şekil 96. Aydoğan Evinde delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler

Aydoğan Evinin taşıyıcı ahşap elemanların rezistograf cihazıyla incelenmesi sonucunda elde edilen genlik grafiklerinde görüldüğü üzere, yüksek pikler sağlam bölgeyi, daha düşük tepe noktaları ise çürümeyi, çatlakları, küçük/büyük çürüklük zonlarını veya boşlukları temsil etmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, Şekil 96 (a)'da bulunan dikmede mantar çürüklüğü olduğu, Şekil 96 (b)'deki kirişin iç kısımlarının ise tamamen çürümüş olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Şekil 96 (c)'deki taralı alanda yapılan inceleme sonucunda, kirişin iç kısımlarında çürüklük ve böcek hasarına ilişkin boşlukların olduğu tespit edilmiştir.

Ses Dalga Yöntemi ve Vida Tutma Direnci ile elde Edilen Test Sonuçları

Aydoğan Evinin taşıyıcı kiriş ve dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen veriler sayesinde mekanik direnç özellikleri Bulgular 3.2. başlığı altında verilen korelasyon modelleriyle tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 38’de verilmiştir.

Tablo 38. Aydoğan Evine ait taşıyıcı kiriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler

K.A	İncelenen Kiriş/kolon kodu	S.D.H (m/s) (Velocity)		MOE _{dinamik} (MPa)		V.T.D (kN)	M.M (MPa)	MOR (MPa)	D.S	Y (g/cm ³)
		Ort.	Std.	Ort.	Std.	Ort.	Ort.	Ort.		Ort
AYDOĞAN EVİ	Kuzey									
	1	N/A	N/A	N/A	N/A	2,21	704,59	73,90	D70	0,58
	2	4039,34	32,36	12151,41	165,23	2,65	803,60	88,90	D70	0,67
	3	N/A	N/A	N/A	N/A	2,71	817,94	91,07	D70	0,68
	4	N/A	N/A	N/A	N/A	2,03	664,27	67,79	D60	0,55
	5	3643,85	84,88	9245,86	363,53	1,68	585,87	55,91	D50	0,48
	6	N/A	N/A	N/A	N/A	1,72	595,28	57,34	D50	0,49
	7	N/A	N/A	N/A	N/A	1,42	527,18	47,02	D40	0,43
	8	4045,16	64,91	10758,48	300,81	1,67	584,08	55,64	D50	0,48
	9	N/A	N/A	N/A	N/A	1,72	594,83	57,27	D50	0,49
	10	N/A	N/A	N/A	N/A	2,52	774,93	84,55	D70	0,64
	11	N/A	N/A	N/A	N/A	2,62	797,55	87,98	D70	0,66
	Güney									
	1	4308,54	301,24	11849,64	1604,90	2,50	770,45	83,87	D70	0,64
	2	N/A	N/A	N/A	N/A	2,32	730,58	77,83	D70	0,60
	3	N/A	N/A	N/A	N/A	1,61	570,64	53,60	D50	0,47
	4	3780,05	87,34	6035,24	359,27	1,36	514,64	45,12	D40	0,42
	5	N/A	N/A	N/A	N/A	1,92	640,98	64,26	D60	0,53
	6	N/A	N/A	N/A	N/A	2,20	702,80	73,63	D70	0,58
	7	N/A	N/A	N/A	N/A	1,69	589,01	56,39	D50	0,49
	8	3386,99	80,77	5383,36	365,45	1,61	570,19	53,54	D50	0,47
	Doğu									
	1	N/A	N/A	N/A	N/A	1,90	634,70	63,31	D60	0,52
	2	3731,91	114,08	11697,51	474,36	3,57	1009,23	120,05	D70	0,84
	3	N/A	N/A	N/A	N/A	3,08	899,92	103,49	D70	0,75
	4	N/A	N/A	N/A	N/A	2,77	831,38	93,10	D70	0,69

N/A: Ev içerisindeki kolon ve kirişlerde sensörlerin çakılması ve sonucunda ortaya çıkan görünüm kusurlarından dolayı yapı sahiplerinin izin vermemesinden ve/veya kolon veya kirişlerde tahribatsız test cihazlarıyla test yapılmasının/erişimin mümkün olmadığı durumlarda ölçüm gerçekleştirilememiştir.

Aydoğan Evi, taşıyıcı dikme ve kirişlerinde sesin geçme hızı (velocity), vida tutma direnci, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve makaslama modülü direnci modülü belirlenmiştir. Ses geçme hızı en düşük 3643, en yüksek 4308 m/s olarak tespit edilmiştir. Ses geçme hızının yüksek olması ağaç malzemenin elastikiyet modülünün yüksek olduğuna

işaret etmektedir. Vida tutma direnci en düşük 1,36 en yüksek 3,57 kN olarak tespit edilmiştir. Dinamik elastikiyet modülü en düşük 1169, en yüksek 12151 MPa olarak belirlenmiştir. Eski yapılardaki taşıyıcı dikme ve kirişlerin elastikiyet modülü normal oduna oranla daha yüksek olduğu literatürde bildirilmiştir. Bu çalışmada da elde edilen bulgular literatürle uyumludur. Makaslama modülü en düşük 514 en yüksek 1009 MPa olarak tespit edilmiştir. Eğilme direnci en düşük 53,54, en yüksek 120,05 MPa olarak tespit edilmiştir. Tahribatlı test sonuçlarına göre Aydoğan Evine ait MOR değeri 71,02 ve MOE değeri ise 9588,79 MPa olarak hesaplanmıştır. Tarihi yapının incelenen taşıyıcı elemanlarından elde edilen tahribatsız MOR ve MOE değerinin tahribatlı elde edilen MOR ve MOE değeriyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Yapıdaki taşıyıcı ahşap elemanlarının direnç sınıfları TS EN 338 standardına göre belirlenmiştir. Tablo 40'ta Aydoğan Evi taşıyıcılarının %47,82'sinin direnç sınıfı D70'e ; %13,04'ünün D60'a; %30,43'ün D50'ye ve %8,69'unun D40'a girdiği belirlenmiştir. D30 direnç sınıfına giren taşıyıcı elemanın olmadığı tespit edilmiştir. Yapıda incelenen taşıyıcıların çoğunluğunun D70 direnç sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Tablo 39. Aydoğan Evinde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi

Direnç Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Serbestlik Der.	Kareler Ort.	F-hesap	Önem Der.
MOE	Gruplar arası	21239777,890	2	10619888,945	2,373	,163
	Grup içi	31327021,200	7	4475288,743		
	Toplam	52566799,090	9			
Vida tutma	Gruplar arası	2,389	2	1,195	4,918	,018
	Grup içi	4,858	20	,243		
	Toplam	7,247	22			
Makaslama modülü	Gruplar arası	119508,001	2	59754,000	4,874	,019
	Grup içi	245193,322	20	12259,666		
	Toplam	364701,323	22			
MOR	Gruplar arası	2742,768	2	1371,384	4,874	,019
	Grup içi	5627,259	20	281,363		
	Toplam	8370,027	22			
Yoğunluk	Gruplar arası	,085	2	,043	4,786	,020
	Grup içi	,178	20	,009		
	Toplam	,263	22			

Aydoğan Evinin taşıyıcı elemanlarında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen MOE, MOR, vida tutma, makaslama modülü ve yoğunluk değerlerinin yapının cepheleri üzerinde etkisinin belirlenmesi amacıyla basit varyans analizi gerçekleştirilmiş ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 39'da verilmiştir. Tablo 39'da edinilen istatistiksel bulgulara göre Aydoğan

Evinin taşıyıcı elemanları üzerinde ölçülen MOE değerlerinin, gruplar arası varyans faktörü etkisinin anlamlı düzeyde olmadığı vida tutma direnci, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerlerinin anlamlı düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla Aydoğan Evi cephelerinin taşıyıcı elemanlarında ölçülen MOE, vida tutma direnci, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerlerinin ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının belirlenmesine ilişkin yapılan Tukey testi sonuçları Tablo 40'ta verilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre Aydoğan Evi cephelerinde incelenen taşıyıcı elemanlarının MOE değerleri bakımından istatistiksel anlamda etkili olmadığı ve gruplar arası farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerleri bakımından istatistiksel anlamda etkili olduğu tespit edilmiştir. En yüksek Vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerlerinin güney cephesinde incelenen taşıyıcı elemanlardan elde edildiği en düşük MOE, doğu cephesinde incelenen taşıyıcı elemanlardan elde edildiği belirlenmiştir.

Tablo 40. Aydoğan Evi cepheleri ve bodrum katında yapılan ölçümlerin varyans faktörlerinin ortalamalarının etkilerinin Tukey testi sonuçları ($p \leq 0.05$)

Cephe	N	MOE		Vida Tutma		Makaslama modülü		MOR		Yoğunluk	
		1	HG*	1	HG*	1	HG*	1	HG*	1	HG*
Güney	3	7756,08	A	1,90	A	636,16	A	63,53	A	,52	A
Kuzey	3	10718,58	A	2,08	A	677,28	A	69,76	A	,55	A
Doğu	4	11071,62	A	2,83	B	843,80	B	94,98	B	,70	B

* Farklı harfler gruplar arasında istatistiksel bakımdan farklılık olduğunu göstermektedir.

Tablo 41. Aydoğan Evinde yapılan ölçümlerin, cepheye göre ortalama farklılıklarının Dunnett testi sonuçları

Bağımlı Değişken	(I) Cephe	(J) Cephe	Ortalama Fark (I-J)	Std. Hata	Önem der.	95% Güven aralığı	
						Alt sınır	Üst sınır
MOE	Kuzey	Güney	2962,50333	2220,05338	,551	-7823,7666	13748,7733
		Doğu	-353,04417	922,05365	,969	-4604,2604	3898,1721
	Güney	Kuzey	-2962,50333	2220,05338	,551	-13748,7733	7823,7666
		Doğu	-3315,54750	2090,69062	,471	-15648,7818	9017,6868
	Doğu	Kuzey	353,04417	922,05365	,969	-3898,1721	4604,2604
		Güney	3315,54750	2090,69062	,471	-9017,6868	15648,7818

(Tablo 41'in devamı)

Vida tutma	Kuzey	Güney	,18511	,20158	,739	-,3473	,7176
		Doğu	-,74364	,37903	,277	-2,1552	,6680
	Güney	Kuzey	-,18511	,20158	,739	-,7176	,3473
		Doğu	-,92875	,37869	,167	-2,3438	,4863
	Doğu	Kuzey	,74364	,37903	,277	-,6680	2,1552
		Güney	,92875	,37869	,167	-,4863	2,3438
Makaslama modülü	Kuzey	Güney	41,12239	45,30809	,746	-78,5459	160,7907
		Doğu	-166,52386	85,05041	,278	-483,0578	150,0100
	Güney	Kuzey	-41,12239	45,30809	,746	-160,7907	78,5459
		Doğu	-207,64625	84,95990	,168	-524,9920	109,6995
	Doğu	Kuzey	166,52386	85,05041	,278	-150,0100	483,0578
		Güney	207,64625	84,95990	,168	-109,6995	524,9920
MOR	Kuzey	Güney	6,23091	6,86369	,745	-11,8975	24,3593
		Doğu	-25,22659	12,88493	,278	-73,1808	22,7276
	Güney	Kuzey	-6,23091	6,86369	,745	-24,3593	11,8975
		Doğu	-31,45750	12,87103	,168	-79,5352	16,6202
	Doğu	Kuzey	25,22659	12,88493	,278	-22,7276	73,1808
		Güney	31,45750	12,87103	,168	-16,6202	79,5352
Yoğunluk	Kuzey	Güney	,03409	,03836	,757	-,0672	,1353
		Doğu	-,14091	,07283	,285	-,4122	,1304
	Güney	Kuzey	-,03409	,03836	,757	-,1353	,0672
		Doğu	-,17500	,07258	,175	-,4475	,0975
	Doğu	Kuzey	,14091	,07283	,285	-,1304	,4122
		Güney	,17500	,07258	,175	-,0975	,4475

Tablo 41'de Dunnett testinden elde edilen analiz sonuçlarına göre Aydoğan Evinde incelenen taşıyıcı elemanların MOE, vida tutma, makaslama modülü MOR ve yoğunluk değerleri kuzey, güney ve doğu cephelerindeki taşıyıcı elemanların direnç değerleri üzerinde etkisinin anlamlı olup olmadığına bakılmıştır. Ölçülen değerlerin cepheler üzerinde istatistiksel anlamda önemli olmadığı ve anlamlı farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir.

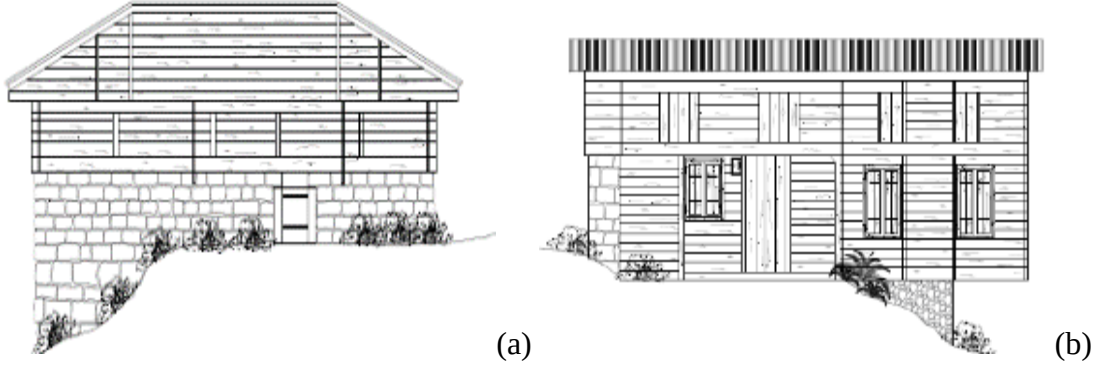
3.5.2. Zihni Evi

Rize ili Pazar ilçesi Hotri mevkiinde yer alan Zihni Evi (Şekil 47), 179,86 m yükseklikte ve K 41° 7' 56.6798" - D 40° 54' 26.6735" koordinatlarında bulunmaktadır. Yaklaşık 200 yıllık tarihi geçmişi olduğu bilinmektedir. Ev terk edilmiş olup uzun yıllardır kullanılmamaktadır.

Zihni Evi kurtboğaz ahşap geçme yöntemiyle yapılmış ahşap yığma sistemle oluşturulmuştur. Kurtboğaz tekniğinin uygulanabilmesi için işlenmiş keresteler kullanılmıştır. Yapının bodrum katı yine yığma taş temel olarak yapılmış üzerinde ahşap sistem oturtulmuştur. Cephe kaplaması olarak yine ağaç malzeme kullanılmıştır. Üst örtü, iki yöne eğimli (beşik çatı) sisteme göre yapılmıştır. Kaplama malzemesi oluklu kiremit iken zarar gördükten sonra oluklu sac ile değiştirilmiştir. Tarihi Zihni Evinin güney (a), batı (b), kuzey (c), doğu (d) yönlerine bakan cephe görünümleri (Şekil 97) ve batı(a), güney (b) yönlerine bakan cephe çizimleri (Şekil 98) aşağıda verilmiştir.

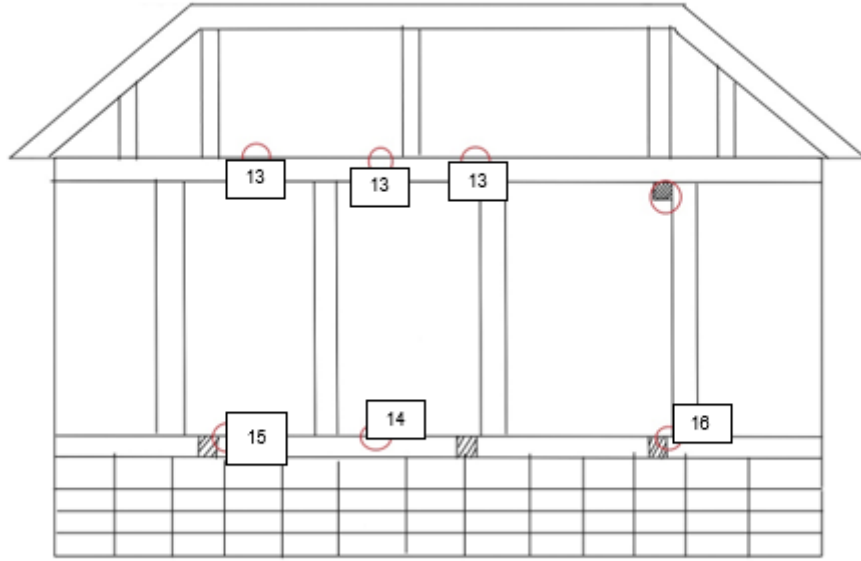


Şekil 97. (a) Zihni Evi güney cephe, (b) Batı cephe, (c) Kuzey cephe, (d)Doğu cephe

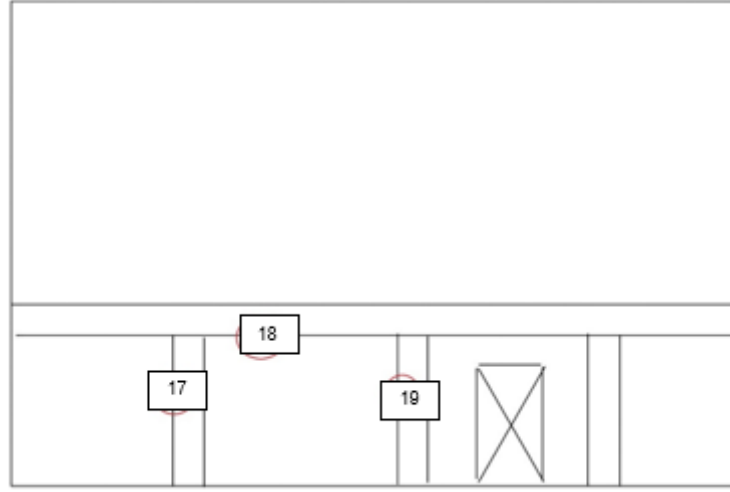


Şekil 98. (a) Zihni Evi batı cephe, (b) Zihni Evi güney cephe

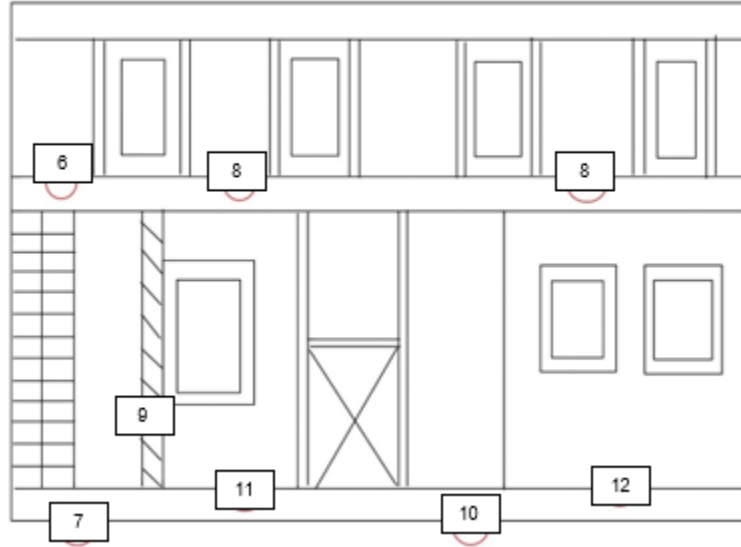
Zihni Evinin, tahribatsız testlerin yapıldığı kirişlerin ve/veya dikmelerin bulundukları yere numaralandırılmış ve görünüm kesitlerine ait çizimler Şekil 99-102’de belirtilmiştir.



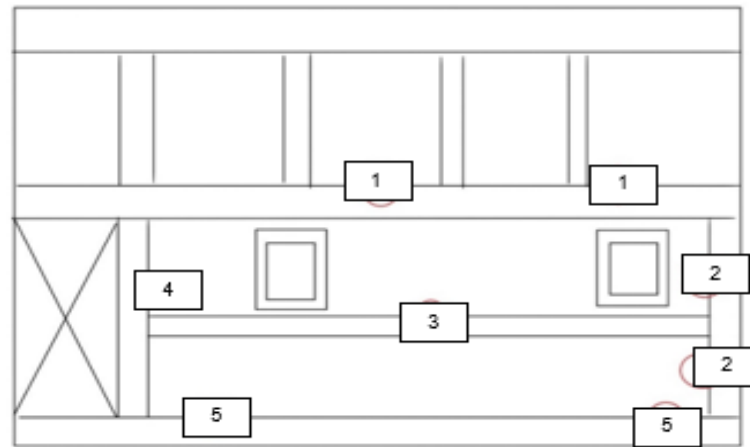
Şekil 99. Zihni Evi batı yönü kirişleri



Şekil 100. Zihni Evi doğu yönü dikme ve kirişleri



Şekil 101. Zihni Evi güney yönü dikme ve kirişleri



Şekil 102. Zihni Evi kuzey yönü dikme ve kirişleri

Zihni Evine ilişkin elde edilen bulgular, ilgili başlıklar altında verilmiştir.

- Görsel İncelemelere İlişkin Bulgular

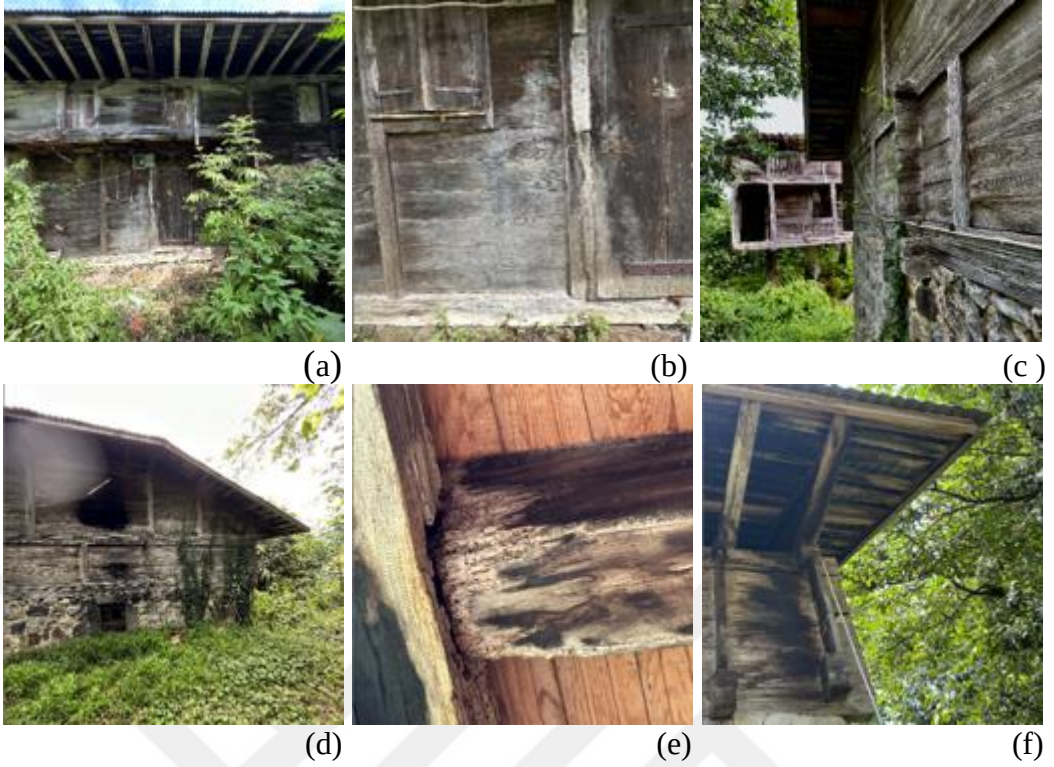
Dış ortam koşullarının etkisine maruz kalan Zihni Evinin taşıyıcı sisteminin ve ahşap yapı elemanlarının durum değerlendirmesine Tablo 42’de yer verilmiştir.

Tablo 42. Zihni Evi dış cephe durum değerlendirmesi

Ağaç malzemenin ve Yapısal Bozulma Durumlarının Değerlendirilmesi									
Taşıyıcı Elemanlar							Yapı elemanları		
Duvar sistemi		Diğer elemanlar		Üst örtü			Kapı	Pencere	Merdiven
Ahşap	Dolgu	Kiriş	Dikme	Kaplama	Konstrüksiyon	Saçak			
3	_*	3	3	2	2	2	3	3	_*

*Yapı veya taşıyıcı elemanın mevcut olmadığını göstermektedir.

Zihni Evinde yapılan incelemeler sonucunda Şekil 103 (b)’de yapıda yoğun böcek tahribatı ve UV degradasyonu belirlenmiştir. Toprakla temas eden ağaç malzemede (taşıyıcı veya doğrama) çürüme ve buna bağlı olarak bozulmalar tespit edilmiştir. Şekil 103 (b ve c)’de dış ortam şartlarına bağlı rutubete maruz kalan cephede renk değişikliği olduğu gözlenmiş, buna bağlı yüzey erozyonu meydana gelmiştir. Şekil 103 (d)’de doğramaların metal elemanlarla bağlantı yerlerinde korozyon meydana geldiği, ağaç malzemenin düşük ısıнын (ocak veya soba) etkisinde kaldığı yerde malzemede oluşan yanmanın sonucunda renginin kömürleştiği ya da karardığı belirlenmiştir. Şekil 103 (a ve f)’de çatı taşıyıcı elemanlarında yağmur suyundan veya rutubete bağlı bozulma, (e)’de zemin taşıyıcı kirişin birleşim yerinde böcek ve mantar tahribatı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 103. (a) Çatı taşıyıcılarında bozulma , (b) Yoğun UV degradasyonu, (c) UV degradasyonu (d) Yanmış ahşap görüntüsü, (e) Kirişin birleşim yerinde böcek ve mantar tahribatı, (f) Çatı taşıyıcı elemanlarında (saçak) yağmur suyu/rutubet kaynaklı bozulma

- Tahribatsız Testlere İlişkin Bulgular

Delme Direnci

Çalışma kapsamında delme cihazıyla yapılan incelemeler sonucunda bazı ahşap kiriş ve dikmelerin iç kısımlarında tahribat, çürüklük, çatlak/boşluk olduğu tespit edilmiştir. Zihni Evinin kuzey, güney doğu ve batı yönlerine bakan dış cephelerindeki ahşap kiriş ve dikmelerin iç kısımlarındaki kusur ve tahribatların tespiti rezistograf cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı çıktılar Şekil 104’te verilmiştir.

Rezistograf grafiklerinde görüldüğü üzere, yüksek tepeler sağlam bölgeyi, daha düşük tepe noktaları ise çürümeyi, çatlakları, boşlukları veya bozulmuş bölgeleri temsil etmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, Şekil 104'te (a) (b) ve (c) 'deki taşıyıcı elemanlarının iç kısımlarında böcek veya çürümeye bağlı tahribatlı alanlar olduğu görülmektedir Şekil 65 (a)'da ahşap dikmenin iç kısımlarında çürüklük ve böcek hasarına ilişkin çatlakların veya boşlukların olduğu, Şekil 104 (b)'deki taralı alanda, kirişin iç kısımlarının önemli ölçüde tahribatlı olduğu tespit edilmiştir. Delme direnci ölçümleri, yıllık halkalarının dağılımının grafiksel bir sunumunun oluşturulmasını da sağlayabilmektedir (Wang vd., 2003; Hiroshima, 2014). Şekil 104 (c)'de taranan bölgeye göre her pik artışının (tepenin) bir yıllık halka mesafesine denk geldiğini ve bu durum ilkbahar ve yaz odununda olan bir tahribatı göstermektedir. Bu durum oluşan direnç kayıplarının böcek tahribatı kaynaklı olabileceği sonucuna ulaştırmıştır (Verbist vd., 2019).

Ses Dalga Yöntemi ve Vida Tutma Direnci ile Elde Edilen Test Sonuçları

Zihni Evinin taşıyıcı kiriş ve dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen veriler sayesinde mekanik direnç özellikleri Bulgular 3.2. başlığı altında verilen korelasyon modelleriyle tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 43'te verilmiştir.

Zihni Evi, taşıyıcı dikme ve kirişlerinde sesin geçme hızı (velocity), vida tutma direnci, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve makaslama modülü direnci modülü belirlenmiştir. Ses geçme hızı en düşük 3658, en yüksek 4878 m/s olarak tespit edilmiştir. Ses geçme hızının yüksek olması ağaç malzemenin elastikiyet modülünün yüksek olduğuna işaret etmektedir. Vida tutma direnci en düşük 0,86 en yüksek 1,74 kN olarak tespit edilmiştir. Dinamik elastikiyet modülü en düşük 5529, en yüksek 10077 MPa olarak belirlenmiştir. Eski yapılardaki taşıyıcı dikme ve kirişlerin elastikiyet modülü normal oduna oranla daha yüksek olduğu literatürde bildirilmiştir. Bu çalışmada da elde edilen bulgular literatürle uyumluluk göstermektedir. Makaslama modülü en düşük 402, en yüksek 599 MPa olarak tespit edilmiştir. Eğilme direnci en düşük 28,12, en yüksek 57,95 MPa olarak tespit edilmiştir. Tahribatlı test sonuçlarına göre Zihni Evine ait MOR değeri 45,52 ve MOE değeri ise 7963 MPa olarak hesaplanmıştır. . Tarihi yapının incelenen taşıyıcı elemanlarından elde edilen tahribatsız MOR ve MOE değerinin tahribatlı elde edilen MOR ve MOE değeriyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 43. Zihni Evine ait taşıyıcı kiriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler

K.A	İncelenen kiriş/kolon kodu	S.D.H Velocity (m/s)		MOE _{dinamik} (MPa)		V.TD (kN)	M.M (MPa)	MOR (MPa)	D.S	Y (g/cm ³)
		Ort.	Std	Ort.	Std	Ort.	Ort.	Ort.		Ort
ZİHNİ EVİ	Kuzey									
	1	4285,71	23,14	7153,58	117,21	1,19	475,66	39,22	D30	0,39
	2	4878,05	32,61	8745,68	135,61	1,07	449,68	35,28	D30	0,37
	3	4724,41	44,53	9537,19	178,34	1,39	520,46	46,00	D40	0,43
	4	4444,44	37,66	8567,35	155,21	1,42	528,08	47,16	D40	0,43
	5	4285,71	41,25	7209,15	88,91	1,20	479,25	39,76	D30	0,39
	Güney									
	6	4958,68	77,81	8056,09	142,39	0,86	402,42	28,12	**	0,33
	7	3750,00	47,58	5317,41	165,21	1,13	462,22	37,18	D30	0,38
	8	4511,28	43,22	10050,77	231,67	1,74	599,31	57,95	D50	0,49
	9	3884,89	48,91	7145,23	123,60	1,63	575,12	54,28	D50	0,47
	10	4135,34	66,21	8219,07	197,35	1,67	583,63	55,57	D50	0,48
	11	3666,67	28,34	4743,03	111,21	0,99	432,21	32,63	D30	0,35
	12	4255,32	57,35	7860,57	179,90	1,42	528,53	47,23	D40	0,43
	Batı									
	13	4347,83	47,35	8570,67	178,31	1,52	551,38	50,69	D50	0,45
	14	4838,71	77,81	10774,62	136,65	1,56	559,44	51,91	D50	0,46
	15	4615,38	81,34	9359,89	189,78	1,45	534,80	48,18	D40	0,44
	16	4255,32	69,71	8185,87	121,33	1,52	549,81	50,45	D50	0,45
	Doğu									
	17	4285,71	71,23	8251,13	146,32	1,50	546,45	49,94	D40	0,45
	18	4225,35	63,32	8020,34	135,63	1,50	546,45	49,94	D40	0,45
	19	3658,54	53,41	5529,43	107,28	1,31	503,66	43,46	D40	0,41

N/A: Ev içerisindeki kolon ve kirişlerde sensörlerin çakılması ve sonucunda ortaya çıkan görünüm kusurlarından dolayı yapı sahiplerinin izin vermemesinden ve/veya kolon veya kirişlerde tahribatsız test cihazlarıyla test yapılmasının/erişimin mümkün olmadığı durumlarda ölçüm gerçekleştirilememiştir.

** TS EN 338 standardına göre minimum direnç değerlerini taşımamaktadır.

Güney dış cepheye bakan 11 numaralı kirişin direnç değeri (32,63 MPa) ölçülmüş ve D30 sınıfına girmiştir. TS EN 338 standardına göre minimum direnç değerini taşısa da risk altında olduğu ve müdahale yapılması gerekliliği uygun görülmüştür.

Yapıdaki taşıyıcı ahşap elemanlarının direnç sınıfları TS EN 338 standardına göre belirlenmiştir. Tablo 45'te Zihni Evi taşıyıcılarının %33,33'ünün D50'ye ; %38,88'inin D40'a ve %27,77'sinin D30'a girdiği belirlenmiştir. D30 direnç sınıfına giren ahşap taşıyıcılar, yapıda incelenen bütün taşıyıcıların %30'luğunu oluştursa da bu değerlerin aslında D40 direnç sınıfına yakın değerler olduğu görülmektedir. Güney cephesinde 6 numaralı kirişin minimum direnç değerleri taşımadığı belirlenmiştir.

Zihni Evinin taşıyıcı ahşap elemanlarında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen MOE, MOR, vida tutma, makaslama modülü ve yoğunluk değerleri üzerinde cephelerin etkisinin belirlenmesi amacıyla basit varyans analizi gerçekleştirilmiş ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 44'te verilmiştir. Tablo 44'te edinilen istatistiksel bulgulara göre Zihni Evinde MOE, vida tutma direnci, makaslama modülü, MOR ve yoğunluğunun gruplar arası varyans faktörü etkisinin anlamlı düzeyde olduğu bulunmuştur.

Tablo 44. Zihni Evinde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi

Direnç Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Serbestlik Der.	Kareler Ort.	F-hesap	Önem Der.
MOE	Gruplar arası	10894006,608	3	3631335,536	1,673	,215
	Grup içi	32548971,384	15	2169931,426		
	Toplam	43442977,992	18			
Vida tutma	Gruplar arası	,165	3	,055	,945	,444
	Grup içi	,873	15	,058		
	Toplam	1,038	18			
Makaslama modülü	Gruplar arası	8408,463	3	2802,821	,962	,436
	Grup içi	43723,860	15	2914,924		
	Toplam	52132,323	18			
MOR	Gruplar arası	193,059	3	64,353	,962	,436
	Grup içi	1003,481	15	66,899		
	Toplam	1196,540	18			
Yoğunluk	Gruplar arası	,006	3	,002	,974	,431
	Grup içi	,030	15	,002		
	Toplam	,036	18			

3.5.3. Esat Evi

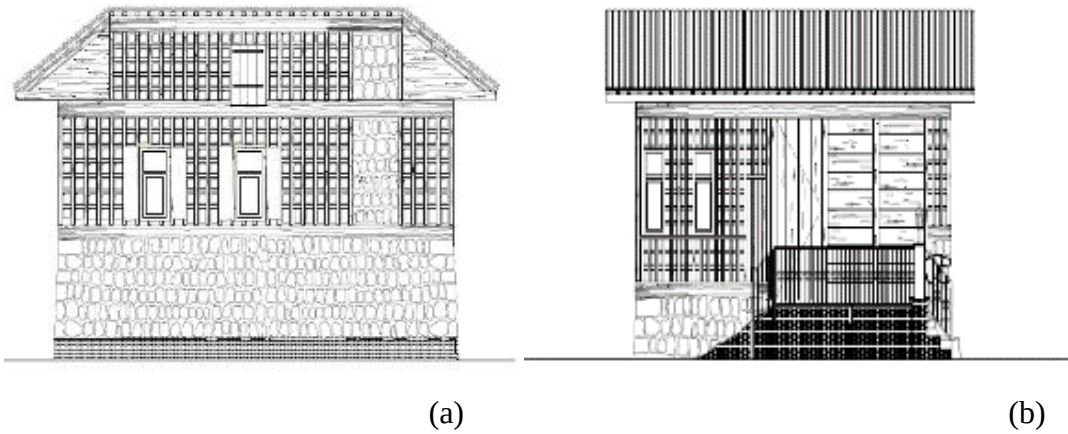
Rize ili Pazar ilçesi Hotri mevkiinde yer alan Esat Evi (Şekil 52), 197,23 m yükseltide ve K 41° 7' 51.0473"- D 40° 54'27.9478" koordinatlarında bulunmaktadır. Yaklaşık 150 yıllık tarihi geçmişi olduğu bilinmekte olup, evin yıl boyu kullanımda olduğu ev sahipleri tarafından bildirilmiştir.

Esat Evi ahşap çatma olarak adlandırılan yapı sistemi ile yapılmıştır. Ana yük temel duvarlarına ileten taşıyıcı elemanların, ahşap yığma sistemin tersine düşey olarak kullanılmıştır. Esat Evinde yapım sisteminin en temel özelliği olan su basma seviyesine kadar olan bölümün taş örgü ile yapılması ve yükselen diğer katların ise ağaç iskeletli çatki sistemiyle yapılmış olmasıdır. Yapının bölmelere isabet eden yerlerinde geçme detayını çözebilmek için de kare kesitler kullanılmıştır. Bu bağlantıda ortaya çıkan kare biçimli formlarla göz dolması tekniği kullanılmıştır. Ayrıca saçaklar, pencereler ve kapılarında ağaç

malzeme kullanılmıştır. Zihni Evindeki gibi üst örtü, iki yöne eğimli (beşik çatı) sisteme göre yapılmıştır. Kaplama malzemesi oluklu kiremit iken zarar gördükten sonra sac ile değiştirilmiştir. Tarihi Esat Evinin güney (a), doğu (b) ve kuzey (c), yönlerine bakan cephe görünümleri (Şekil 105) ve doğu (a) ve güney (b) yönlerine bakan cephe çizimleri Şekil 106'da verilmiştir.

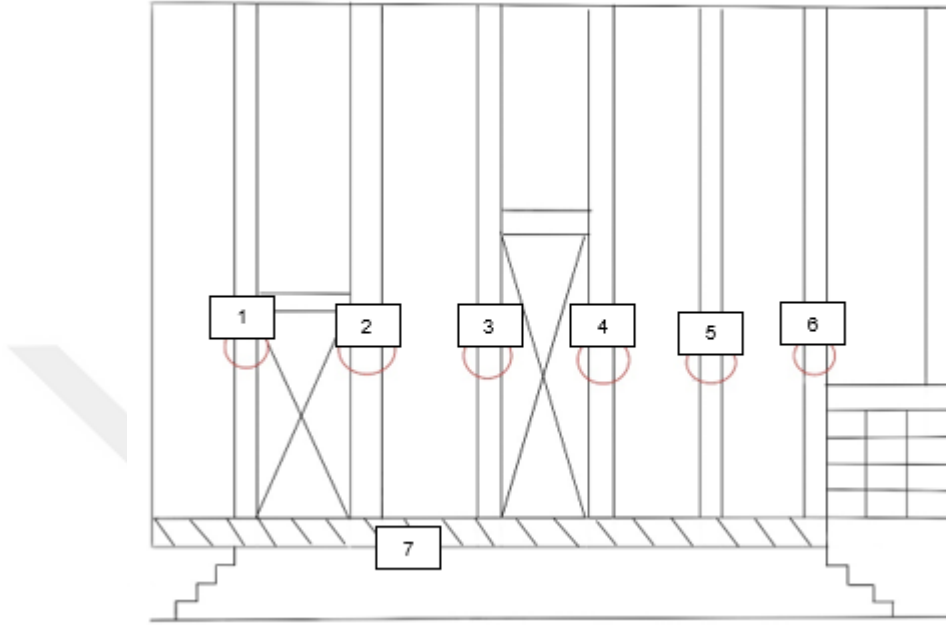


Şekil 105. (a) Esat Evi güney cephe, (b) Doğu cephe, (c) Kuzey cephe

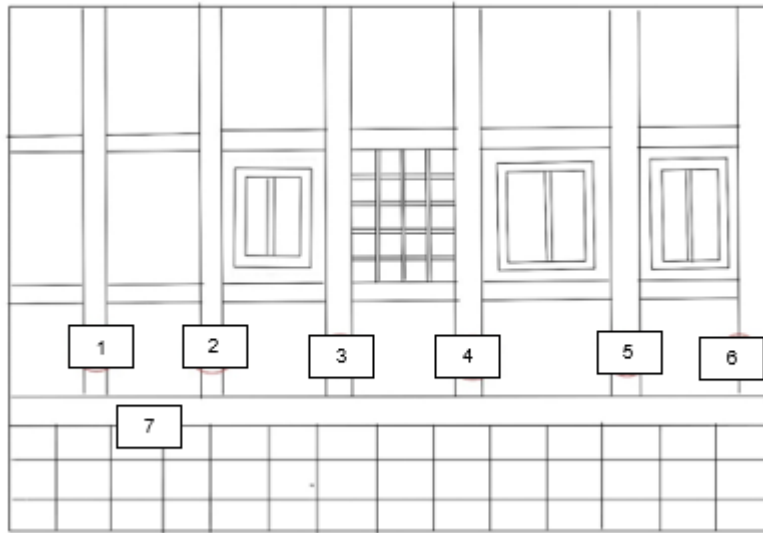


Şekil 106. Esat Evinin cephe görünüş çizimleri sırasıyla (a) Doğu , (b) Güney

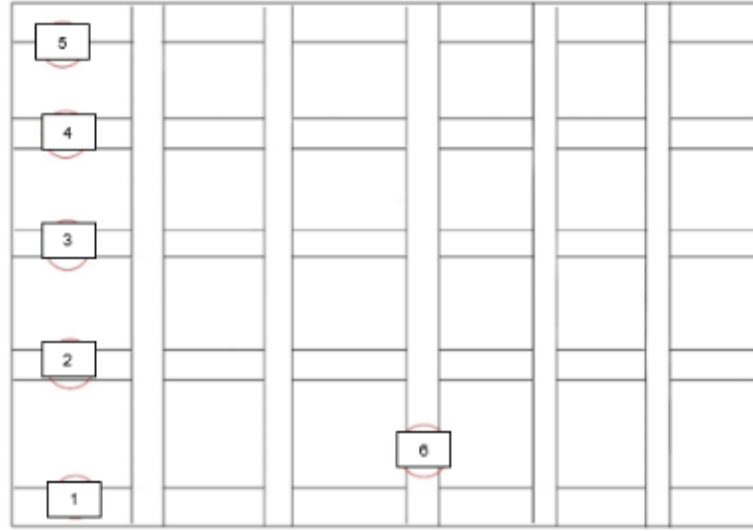
Esat Evinde, tahribatsız testlerin yapıldığı kirişlerin veya dikmelerin görünüşleri ve yeri numaralandırılarak Şekil 107-109’da belirtilmiştir.



Şekil 107. Esat Evi güney yön kiriş ve dikmeleri



Şekil 108. Esat Evi kuzey yön kiriş ve dikmeleri



Şekil 109. Esat Evi bodrum kat kirişleri

Esat Evine ilişkin elde edilen bulgular, ilgili başlıklar altında verilmiştir.

- Görsel İncelemelere İlişkin Bulgular

Dış ortam koşullarının etkisine maruz kalan Esat Evinin taşıyıcı sisteminin ve ahşap yapı elemanlarının durum değerlendirmesine Tablo 45’te yer verilmiştir.

Tablo 45. Esat Evi dış cephe durum değerlendirmesi

Ağaç malzemenin ve Yapısal Bozulma Durumlarının Değerlendirilmesi									
Taşıyıcı Elemanlar							Yapı elemanları		
Duvar sistemi		Diğer elemanlar		Üst örtü			Kapı	Pencere	Merdiven
Ahşap	Dolgu	Kiriş	Dikme	Kaplama	Konstrüksiyon	Saçak			
3	2	2	2	3	3	3	3	3	_*

*Yapı veya taşıyıcı elemanın mevcut olmadığını göstermektedir.

Şekil 110(a)’da ahşap yapının su tesisatı içerden döşenmiştir. Ağaç malzemeye temas halindeki borulardan sızan su, malzemenin sürekli rutubet almasına bunun sonucu, mantar ve böcek zararlılarının yaşaması için gerekli uygun ortamın oluşmasını sağlamaktadır. Şekil 110(d), görsel değerlendirme sonucunda bodrum katının tavan taşıyıcı kirişleri yoğun rutubete maruz kaldığından ileri derecede çürümüştür.

Çatı problemlerinin yaygın sebepleri arasında yağmur suyu drenaj sistemi yer almaktadır. Bu sistem yetersiz olduğunda veya olmadığında suyu sızdırabilmekte ve ahşapta tahribat yapabilmektedir. Şekil 110 (b)'de çatı saçaklarının su alması sonucunda taşıyıcılarda renk değişimi ve mantar çürüklüğü olduğu belirlenmiştir. Ayrıca dış cephe doğramalarında, pencere kanatlarında atmosferik etkilere bağlı (güneş ışını, yağmur vs.) aşınma, renk değişikliği veya yüzey erozyonu meydana gelmiştir. Şekil 110 (c)'de dolgu sistem taşıyıcısı olan ahşap köşe dikmede ahşap dikmenin çalışmasına bağlı eğrilik olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan böcek tahribatı ve etkileri ahşap yapıda hemen hemen tüm cephe ve doğramalarında rastlanmıştır.

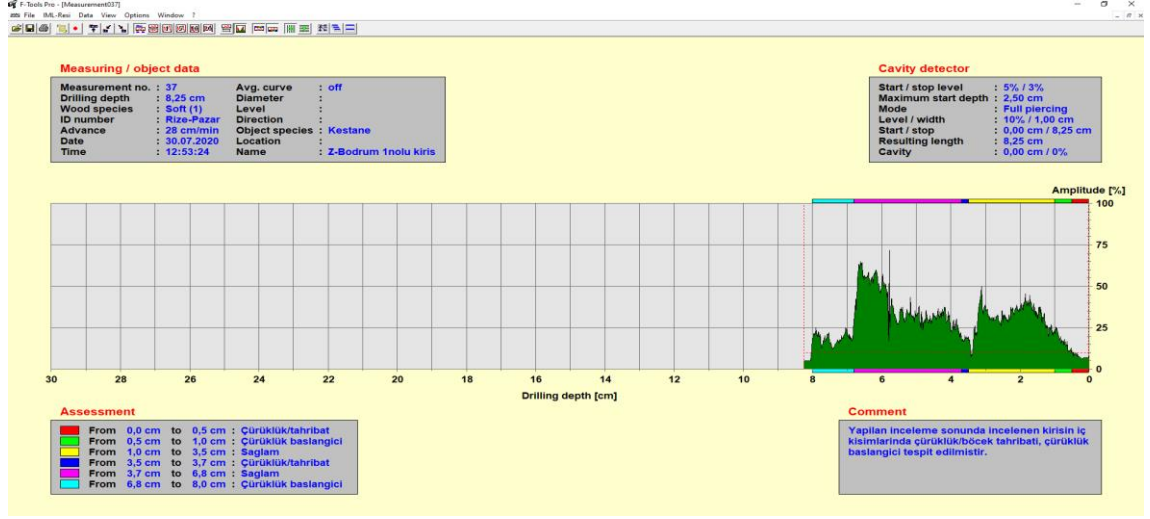


Şekil 110. (a) Bodrum kat mantar çürüklük ve böcek tahribatına maruz kalan dikme ve kirişlerin görünümü, (b) Rutubete maruz kalan çatı taşıyıcıları, (c) Dikmede lif eğrilği, (d) Bodrum kat ahşap taşıyıcı kirişlerde mantar çürüklük

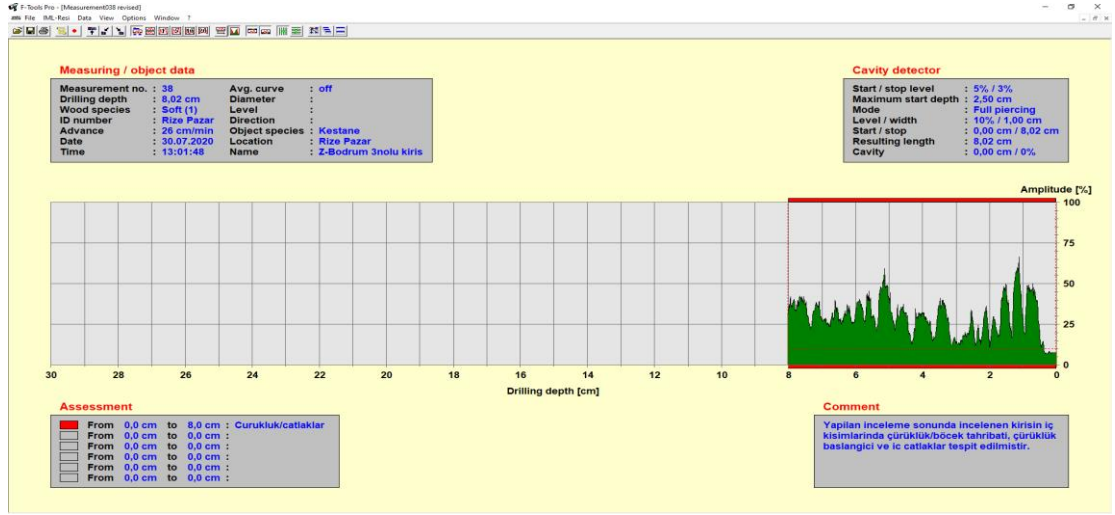
- Tahribatsız Testlere İlişkin Bulgular

Delme Direnci

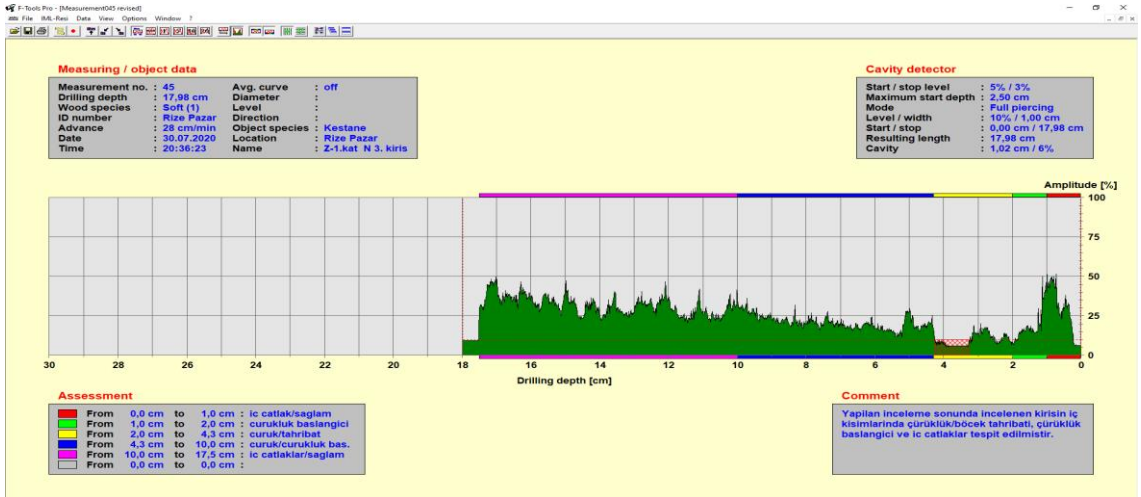
Çalışma kapsamında delme cihazıyla yapılan incelemeler sonucunda bazı ahşap kiriş ve dikmelerin iç kısımlarında tahribat, çürüklük, çatlak/boşluk olduğu tespit edilmiştir. Esat Evinin kuzey, güney yönlerine bakan dış cephelerindeki ahşap kiriş ve dikmelerin ve bodrum kat tavan kirişlerinin iç kısımlarındaki kusur ve tahribatların tespiti rezistograf cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Delme cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı çıktılar Şekil 111'te verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 111. Çalışma sahasında incelenen bazı tarihi ahşap yapı elemanlarının delme cihazıyla testlerine ilişkin grafikler

Esat Evinin rezistograf profilinde görüldüğü üzere, yüksek tepeler sağlam bölgeyi, daha düşük tepe noktaları ise çürümeyi, çatlakları, bölünmeleri veya bozulmuş bölgeleri

temsil etmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, Şekil 111 (a) ve (c)'deki kirişlerin iç kısımlarında hasar, çürüme, çatlak/boşluk olduğu görülmektedir. Şekil 111 (b)'de incelenen kirişin iç kısımlarında çürük/böcek hasarı ve çürümenin başladığı, , kirişin iç kısımlarında çürüklük ve böcek hasarına ilişkin boşlukların olduğu bu durumun direnci düşürdüğü tespit edilmiştir.

Ses Dalga Yöntemi ve Vida Tutma Direnci ile Elde Edilen Test Sonuçları

Esat Evinin taşıyıcı kiriş ve dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen veriler sayesinde mekanik direnç özellikleri Bulgular 3.2. başlığı altında verilen korelasyon modelleriyle tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 46'da verilmiştir.

Tablo 46. Esat Evine ait taşıyıcı kiriş ve/veya dikmelerinde tahribatsız test cihazlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen mekanik direnç özelliklerine ilişkin veriler

K.A	İncelenen Kiriş/kolon kodu	S.D.H (m/s) (Velocity)	MOE _{inamik} (MPa)		V.T.D (kN)	M.M (MPa)	MOR (MPa)	D.S.	Y (g/cm ³)	
ESAT EVİ		Ort.	Std.	Ort.	Std.	Ort.	Ort.	Ort.	Ort.	
	Bodrum									
	1	4545,45	103,56	7078,01	203,66	0,94	420,11	30,80	D30	0,34
	2	4000,00	169,77	8210,30	177,41	1,84	622,16	61,41	D60	0,51
	3	4137,93	123,65	8132,25	161,25	1,64	576,91	54,56	D50	0,47
	4	4511,28	147,23	10035,38	337,27	1,73	598,42	57,81	D50	0,49
	5	3947,37	156,32	7256,09	149,37	1,59	565,94	52,89	D50	0,47
	6	4687,50	107,98	7768,29	129,87	1,00	433,10	32,77	D30	0,35
	Kuzey									
	1	4477,61	135,21	8612,29	231,56	1,40	523,15	46,41	D40	0,43
	2	4444,44	179,33	7992,11	247,89	1,27	493,58	41,93	D40	0,40
	3	4477,61	110,25	8961,08	271,67	1,49	543,76	49,53	D40	0,45
	4	4444,44	121,33	8623,38	179,38	1,44	531,44	47,67	D40	0,44
	5	4477,61	135,24	8945,92	211,66	1,49	542,86	49,40	D40	0,45
	6	4444,44	171,54	7753,05	279,33	1,20	479,25	39,76	D30	0,39
	7	4615,38	138,66	8461,61	197,38	1,23	484,85	40,61	D40	0,40
	Güney									
	8	4225,35	142,56	6487,58	111,39	1,05	444,75	34,53	D30	0,36
	9	4411,76	129,37	6704,59	197,82	0,95	422,35	31,14	D30	0,34
	10	4511,28	119,52	7056,64	211,35	0,96	425,04	31,55	D30	0,35
	11	4477,61	137,29	7027,54	345,61	0,98	429,52	32,23	D30	0,35
	12	4411,76	139,74	7028,48	277,21	1,04	442,06	34,13	D30	0,36
	13	4444,44	167,28	5504,40	187,41	0,60	344,40	19,33	**	0,28
	14	3418,80	101,27	3964,32	103,60	0,92	416,08	30,19	D30	0,34
	Doğu									
15	4225,35	144,67	6659,77	254,31	1,10	456,18	36,27	D30	0,37	

N/A: Ev içerisindeki kolon ve kirişlerde sensörlerin çakılması ve sonucunda ortaya çıkan görünüm kusurlarından dolayı yapı sahiplerinin izin vermemesinden ve/veya kolon veya kirişlerde tahribatsız test cihazlarıyla test yapılmasının/erişimin mümkün olmadığı durumlarda ölçüm gerçekleştirilememiştir.

** TS EN 338 standardına göre minimum direnç değerlerini taşımamaktadır.

Esat Evi, taşıyıcı dikme ve kirişlerinde sesin geçme hızı (velocity), vida tutma direnci, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve makaslama modülü belirlenmiştir. Ses geçme hızı en düşük 3418, en yüksek 4687 m/s olarak tespit edilmiştir. Ses geçme hızının yüksek olması ağaç malzemenin elastikiyet modülünün yüksek olduğuna işaret etmektedir. Vida tutma direnci en düşük 0,60 en yüksek 1,84 kN olarak tespit edilmiştir. Dinamik elastikiyet modülü en düşük 3964, en yüksek 10035 MPa olarak belirlenmiştir. Eski yapılardaki taşıyıcı dikme ve kirişlerin elastikiyet modülü normal oduna oranla daha yüksek olduğu literatürde bildirilmiştir. Bu çalışmada da elde edilen bulgular literatürle uyumludur. Makaslama modülü en düşük 344, en yüksek 622 MPa olarak tespit edilmiştir. Eğilme direnci en düşük 19,33 , en yüksek 61,41 MPa olarak tespit edilmiştir. Tahribatlı test sonuçlarına göre Esat Evine ait MOR değeri 40,71 ve MOE değeri ise 7536,34 MPa olarak hesaplanmıştır.

Yapıdaki taşıyıcı ahşap elemanlarının direnç sınıfları TS EN 338 standardına göre belirlenmiştir. Tablo 49'da Esat Evi taşıyıcılarının %5'inin direnç sınıfı D60'a; %15'i D50'ye; %30'u D40'a ve %50'sinin D30'a girdiği belirlenmiştir. Yapıda incelenen taşıyıcıların çoğunluğunun D30 direnç sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bodrum katında 6 numaralı kirişin (32,77 MPa) ve güney cephesinde ölçümü yapılan kiriş ve dikmelerin tamamının D30 direnç sınıfına girmesine rağmen, risk altında olduğu tespit edilmiş olup bakımlarının müdahale gerekmektedir. Güney cephesinde 13 numaralı taşıyıcı elemanın TS EN 338 standardına göre minimum direnç özelliği göstermediği belirlenmiştir. Ahşap taşıyıcıya müdahale edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Esat Evinin taşıyıcı elemanlarında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen MOE, MOR, vida tutma, makaslama modülü ve yoğunluk değerlerinin üzerinde cephelerin etkisinin belirlenmesi amacıyla basit varyans analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen istatistiksel analiz sonuçları Tablo 47'de verilmiştir. Tablo 47'de edinilen istatistiksel bulgulara göre Esat Evinde incelenen taşıyıcı elemanların MOE, vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerlerinin gruplar arası varyans faktörü etkisinin anlamlı düzeyde olduğu bulunmuştur.

Tablo 47. Esat Evinde yapılan ölçümlere ilişkin basit varyans analizi

Direnç Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Serbestlik Der.	Kareler Ort.	F-hesap	Önem Der.
MOE	Gruplar arası	21092273,924	3	7030757,975	8,561	,001
	Grup içi	14782265,106	18	821236,950		
	Toplam	35874539,030	21			
Vida tutma	Gruplar arası	1,098	3	,366	6,724	,003
	Grup içi	,980	18	,054		
	Toplam	2,079	21			
Makaslama modülü	Gruplar arası	54988,076	3	18329,359	6,678	,003
	Grup içi	49405,769	18	2744,765		
	Toplam	104393,845	21			
MOR	Gruplar arası	1261,149	3	420,383	6,673	,003
	Grup içi	1133,875	18	62,993		
	Toplam	2395,025	21			
Yoğunluk	Gruplar arası	,040	3	,013	6,634	,003
	Grup içi	,036	18	,002		
	Toplam	,076	21			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla Esat Evi cephelerinde incelenen taşıyıcı elemanların ve bodrum katından incelenen taşıyıcı elemanların MOE, vida tutma direnci, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerlerinin ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının belirlenmesine ilişkin yapılan Tukey testi sonuçları Tablo 48’de verilmiştir. Tablo 48’e göre Esat Evi cephelerinden ve bodrum katı incelenen ahşap taşıyıcı elemanlarının MOE, vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerlerinin birbirleri arasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve gruplar arası farklılık olduğu tespit edilmiştir. Cephelerdeki taşıyıcı elemanların arasında en yüksek MOE, vida tutma, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk bodrum katının taşıyıcı elemanlarından elde edilirken en düşük direnç değerinin güney cephesinde incelenen taşıyıcı elemanlardan elde edildiği tespit edilmiştir.

Tablo 48. Esat Evinde yapılan ölçümlerin varyasyon faktörlerinin etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Tukey testi sonuçları

Cephe	N	MOE		Vida Tutma		Makaslama modülü		MOR		Yoğunluk	
		1	HG*	1	HG*	1	HG*	1	HG*	1	HG*
Güney	7	6253,36	A	,92	A	417,74	A	30,44	A	,34	A
Doğu	2	6635,88	A	1,09	A B	455,59	A B	36,22	A B	,36	A B
Kuzey	7	8080,05	B	1,36	B C	514,12	B C	45,04	B C	,42	B C
Bodrum	6	8478,49	B	1,45	C	536,10	C	48,37	C	,43	C

* Farklı harfler gruplar arasında istatistiksel bakımdan farklılık olduğunu göstermektedir.

Tablo 49. Esat Evinde yapılan ölçümlerin cepheye göre cephelerin ortalamalarının farklılıklarının Dunnett testi sonuçları

Bağımlı değişken	(I) Cephe	(J) Cephe	Ortalama Fark(I-J)	Std. Hata	Önem der.	95% Güven aralığı	
						Alt sınır	Üst sınır
MOE	Kuzey	Güney	2225,12714*	466,95392	,008	646,6231	3803,6312
		Doğu	1842,60643*	174,39377	,000	1211,2179	2473,9950
		Bodrum	398,43810	466,13570	,934	-1258,7687	2055,6449
	Güney	Kuzey	-2225,12714*	466,95392	,008	-3803,6312	-646,6231
		Doğu	-382,52071	434,48102	,925	-1971,3511	1206,3096
		Bodrum	-1826,68905	612,89727	,066	-3754,9506	101,5725
	Doğu	Kuzey	1842,60643*	174,39377	,000	-2473,9950	-1211,2179
		Güney	382,52071	434,48102	,925	-1206,3096	1971,3511
		Bodrum	-1444,16833	433,60153	,090	-3142,8708	254,5341
	Bodrum	Kuzey	-398,43810	466,13570	,934	-2055,6449	1258,7687
		Güney	1826,68905	612,89727	,066	-101,5725	3754,9506
		Doğu	1444,16833	433,60153	,090	-254,5341	3142,8708
Vida tutma Direnci	Kuzey	Güney	,43143*	,07427	,001	,2000	,6628
		Doğu	,26500*	,04717	,006	,0934	,4366
		Bodrum	-,09667	,16478	,987	-,7046	,5113
	Güney	Kuzey	-,43143*	,07427	,001	-,6628	-,2000
		Doğu	-,16643	,05780	,125	-,3772	,0443
		Bodrum	-,52810	,16813	,087	-1,1334	,0772
	Doğu	Kuzey	-,26500*	,04717	,006	-,4366	-,0934
		Güney	,16643	,05780	,125	-,0443	,3772
		Bodrum	-,36167	,15804	,278	-,9818	,2585
	Bodrum	Kuzey	,09667	,16478	,987	-,5113	,7046
		Güney	,52810	,16813	,087	-,0772	1,1334
		Doğu	,36167	,15804	,278	-,2585	,9818

(Tablo 49'un devamı))

Makaslama modülü	Kuzey	Güney	96,38429*	16,54460	,001	44,8352	147,9334
		Doğu	58,53714*	10,45990	,007	20,2910	96,7833
		Bodrum	-21,97952	37,04975	,987	-158,8339	114,8749
	Güney	Kuzey	-96,38429*	16,54460	,001	-147,9334	-44,8352
		Doğu	-37,84714	12,84564	,116	-84,8507	9,1564
		Bodrum	-118,36381	37,79265	,089	-254,6103	17,8826
	Doğu	Kuzey	-58,53714*	10,45990	,007	-96,7833	-20,2910
		Güney	37,84714	12,84564	,116	-9,1564	84,8507
		Bodrum	-80,51667	35,55236	,286	-220,1178	59,0845
	Bodrum	Kuzey	21,97952	37,04975	,987	-114,8749	158,8339
		Güney	118,36381	37,79265	,089	-17,8826	254,6103
		Doğu	80,51667	35,55236	,286	-59,0845	220,1178
MOR	Kuzey	Güney	14,60143*	2,50668	,001	6,7912	22,4117
		Doğu	8,82429*	1,58297	,007	3,0276	14,6209
		Bodrum	-3,32905	5,61268	,987	-24,0610	17,4029
	Güney	Kuzey	-14,60143*	2,50668	,001	-22,4117	-6,7912
		Doğu	-5,77714	1,94490	,113	-12,9007	1,3465
		Bodrum	-17,93048	5,72529	,089	-38,5703	2,7093
	Doğu	Kuzey	-8,82429*	1,58297	,007	-14,6209	-3,0276
		Güney	5,77714	1,94490	,113	-1,3465	12,9007
		Bodrum	-12,15333	5,38529	,288	-33,3028	8,9961
	Bodrum	Kuzey	3,32905	5,61268	,987	-17,4029	24,0610
		Güney	17,93048	5,72529	,089	-2,7093	38,5703
		Doğu	12,15333	5,38529	,288	-8,9961	33,3028

(Tablo 49'un devamı)

Yoğunluk	Kuzey	Güney	,08286*	,01426	,000	,0387	,1270
		Doğu	,05786*	,01090	,006	,0194	,0963
		Bodrum	,01548	,03168	,995	-,1313	,1004
	Güney	Kuzey	-,08286*	,01426	,000	-,1270	-,0387
		Doğu	-,02500	,01160	,290	-,0657	,0157
		Bodrum	-,09833	,03192	,096	-,2140	,0173
	Doğu	Kuzey	-,05786*	,01090	,006	-,0963	-,0194
		Güney	,02500	,01160	,290	-,0157	,0657
		Bodrum	-,07333	,03057	,241	-,1909	,0443
	Bodrum	Kuzey	,01548	,03168	,995	-,1004	,1313
		Güney	,09833	,03192	,096	-,0173	,2140
		Doğu	,07333	,03057	,241	-,0443	,1909

Tablo 49'da elde edilen Dunnett testi analiz sonuçlarına göre Esat Evinin incelenen taşıyıcı elemanlarının MOE değerlerinin cepheler üzerinde anlamlı bir etkisinin olup olmadığına bakılmıştır. Kuzey cephesi ile güney, doğu cepheleri incelenen taşıyıcı elemanları ve bodrum katı taşıyıcı elemanları kıyaslandığında, güney ve doğu cephelerinden ölçülen değerlerin istatistiksel bakımdan anlamlı olduğu, bodrum katında gözlenen farklılıkların ise istatistiksel bakımdan anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Güney cephesinde incelenen taşıyıcı elemanların kuzey cephesindeki taşıyıcı elemanlardan elde edilen MOE sonuçlarına göre anlamlı olduğu, diğer cephelerde ve bodrum katından elde edilene kıyasla anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Doğu cephesinin taşıyıcı elemanlarının kuzey cephesinde incelenen taşıyıcı elemanlardan elde edilen sonuçlara göre istatistiksel bakımdan önemli olduğu diğer cephelerde ve bodrum katında anlamlı bir fark oluşturmadığı belirlenmiştir. Bodrum katında incelenen taşıyıcı elemanların direnç değerleri cephelerle karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Vida tutma değerlerinin cepheler ve bodrum katı taşıyıcı elemanlarında ölçülen değerler bakımdan anlamlı bir etkisinin olup olmadığına bakılmıştır. Kuzey cephesinin değerlerinde, güney ve doğu cephesi taşıyıcı elemanlarının direnç değeri üzerinde istatistiksel anlamlı farklılık düzeyi tespit edilmiştir. Güney cephesinin taşıyıcı elemanlarının direnç değerlerinin kuzey cephesiyle ; doğu cephesinin taşıyıcı elemanlarının direnç değerlerinin kuzey cephesiyle istatistiksel anlamda farklı olduğu belirlenmiştir. Vida tutma değerlerinin bodrum katı

taşıyıcı elemanlarının direnç değerleri bakımından anlamlı bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir. Makaslama modülü değerlerinin kuzey cephesi değerleri; güney, doğu cepheleriyle ve bodrum katıyla karşılaştırıldığında güney ve doğu cepheleriyle anlamlı bir farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir. Güney cephesinin taşıyıcı elemanlarının, kuzey cephesi taşıyıcı elemanlarının direnç değeriyle ve doğu cephesinin kuzey cephesinde incelenen taşıyıcı elemanlarla karşılaştırıldığında anlamlı fark olduğu belirlenmiştir. Bodrum katında incelenen direnç değerlerinin ise cephelerle karşılaştırıldığında anlamlı farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Kuzey cephesinde incelenen taşıyıcı elemanlarının MOR değerlerinin, güney ve doğuyla, güney cephesinin taşıyıcı elemanlarının değerleri kuzeyle, doğu cephesinde incelenen taşıyıcı elemanların değerleri, kuzeyle istatistiksel anlamda anlamlı bulunmuştur. Bodrum katının taşıyıcı elemanlarının MOR değerleri tüm cephelerle karşılaştırıldığında anlamlı fark oluşturmadığı belirlenmiştir. Kuzey cephesinin taşıyıcı elemanlarının yoğunluk değerleri, güney ve doğu cepheleriyle anlamlı farklılık oluşturmaktadır. Güney cephesi taşıyıcı elemanlarının yoğunluk değerleri, kuzey cephesinde incelenen taşıyıcı elemanların yoğunluk değerleriyle ve doğu cephesi değerleri kuzey cephesinde incelenen taşıyıcı elemanların yoğunluk değerleriyle karşılaştırıldığında anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir. Bodrum katında incelenen taşıyıcı elemanların tüm cephelerde incelenen taşıyıcı elemanlarla kıyaslandığında anlamlı bir etki oluşturmadığı tespit edilmiştir.

3.6. Çalışma Sahalarındaki Mevcut Durum Yapı Elemanlarının Performanslarının Genel Değerlendirilmesi

Tarihi ahşap yapıların kuzey, doğu, batı, güney cephelerine ve bodrum katında bulunan taşıyıcı elemanlarından elde edilen direnç değerlerinin ortalamaları aşağıda Tablo 50’de verilmiştir.

Tablo 50. Ahşap yapıların ölçülen değerlerin cephelere göre ortalamaları

Bağımlı değişken	Ahşap Yapı İsimleri	Cephe	Ortalama	Standart Hata	95% Güven aralığı	
					Alt sınır	Üst sınır
MOE	Melikoğlu K.	Kuzey	. ^a	.	.	.
		Güney	. ^a	.	.	.
		Batı	. ^a	.	.	.
		Doğu	. ^a	.	.	.
		Bodrum	7805,672	937,290	5935,338	9676,006
	Melikoğlu K. Baba Evi	Kuzey	9773,200	1623,435	6533,686	13012,714
		Güney	. ^a	.	.	.
		Batı	5120,310	2295,883	538,946	9701,674
		Doğu	8223,190	1623,435	4983,676	11462,704
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Biryol Evi	Kuzey	7308,510	1325,529	4663,458	9953,562
		Güney	. ^a	.	.	.
		Batı	8866,440	2295,883	4285,076	13447,804
		Doğu	. ^a	.	.	.
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Çetinkaya Evi	Kuzey	8099,330	1147,942	5808,648	10390,012
		Güney	8147,250	1623,435	4907,736	11386,764
		Batı	8856,390	2295,883	4275,026	13437,754
		Doğu	10010,635	937,290	8140,301	11880,969
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Gedik Konağı	Kuzey	10246,350	2295,883	5664,986	14827,714
		Güney	10555,955	1623,435	7316,441	13795,469
		Batı	11169,950	2295,883	6588,586	15751,314
		Doğu	10249,480	1147,942	7958,798	12540,162
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Gedik Serender	Kuzey	7319,598	1147,942	5028,916	9610,279
		Güney	6420,480	1623,435	3180,966	9659,994
		Batı	8071,440	1325,529	5426,388	10716,492
		Doğu	5428,764	1026,750	3379,916	7477,612
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Aydoğan Evi	Kuzey	10718,583	1325,529	8073,532	13363,635
		Güney	7756,080	1325,529	5111,028	10401,132
		Batı	. ^a	.	.	.
		Doğu	11697,510	2295,883	7116,146	16278,874
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Zihni Evi	Kuzey	8242,590	1026,750	6193,742	10291,438
		Güney	7341,739	867,762	5610,146	9073,331
		Batı	9222,762	1147,942	6932,081	11513,444
		Doğu	7266,967	1325,529	4621,915	9912,018
		Bodrum	. ^a	.	.	.

(Tablo 50'nin devamı)

	Esat Evi	Kuzey	8478,491	867,762	6746,899	10210,084
		Güney	6253,364	867,762	4521,771	7984,957
		Batı	. ^a	.	.	.
		Doğu	6659,770	2295,883	2078,406	11241,134
		Bodrum	8080,053	937,290	6209,719	9950,387
Vida tutma direnci	Melikoğlu Konağı	Kuzey	. ^a	.	.	.
		Güney	. ^a	.	.	.
		Batı	. ^a	.	.	.
		Doğu	. ^a	.	.	.
		Bodrum	1,693	,188	1,319	2,068
	Melikoğlu Baba Evi	Kuzey	1,865	,325	1,217	2,513
		Güney	. ^a	.	.	.
		Batı	,910	,459	-,007	1,827
		Doğu	1,220	,325	,572	1,868
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Biryol Evi	Kuzey	1,487	,265	,957	2,016
		Güney	. ^a	.	.	.
		Batı	1,710	,459	,793	2,627
		Doğu	. ^a	.	.	.
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Çetinkaya Evi	Kuzey	2,278	,230	1,819	2,736
		Güney	1,770	,325	1,122	2,418
		Batı	1,890	,459	,973	2,807
		Doğu	1,973	,188	1,599	2,348
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Gedik Konağı	Kuzey	2,400	,459	1,483	3,317
		Güney	2,390	,325	1,742	3,038
		Batı	2,580	,459	1,663	3,497
		Doğu	2,658	,230	2,199	3,116
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Gedik Serender	Kuzey	1,617	,230	1,159	2,076
		Güney	1,350	,325	,702	1,998
		Batı	1,733	,265	1,204	2,263
		Doğu	1,158	,205	,748	1,568
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Aydoğan Evi	Kuzey	2,000	,265	1,471	2,529
		Güney	1,823	,265	1,294	2,353
		Batı	. ^a	.	.	.
		Doğu	3,570	,459	2,653	4,487
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Zihni Evi	Kuzey	1,254	,205	,844	1,664
		Güney	1,349	,174	1,002	1,695
		Batı	1,513	,230	1,054	1,971
		Doğu	1,437	,265	,907	1,966
		Bodrum	. ^a	.	.	.

(Tablo 50'nin devamı)

MOR	Esat Evi	Kuzey	1,360	,174	1,013	1,707
		Güney	,929	,174	,582	1,275
		Batı	^a	.	.	.
		Doğu	1,100	,459	,183	2,017
		Bodrum	1,457	,188	1,082	1,831
	Melikoğlu K.	Kuzey	^a	.	.	.
		Güney	^a	.	.	.
		Batı	^a	.	.	.
		Doğu	^a	.	.	.
		Bodrum	56,422	6,495	43,460	69,383
	Melikoğlu K.Baba Evi	Kuzey	62,155	11,250	39,705	84,605
		Güney	^a	.	.	.
		Batı	29,850	15,910	-1,899	61,599
		Doğu	40,340	11,250	17,890	62,790
		Bodrum	^a	.	.	.
	Biryol Evi	Kuzey	49,420	9,186	31,090	67,750
		Güney	^a	.	.	.
		Batı	57,000	15,910	25,251	88,749
		Doğu	^a	.	.	.
		Bodrum	^a	.	.	.
	Çetinkaya Evi	Kuzey	76,177	7,955	60,303	92,052
		Güney	59,065	11,250	36,615	81,515
		Batı	63,110	15,910	31,361	94,859
		Doğu	66,008	6,495	53,047	78,970
		Bodrum	^a	.	.	.
	Gedik Konağı	Kuzey	80,480	15,910	48,731	112,229
		Güney	80,110	11,250	57,660	102,560
		Batı	86,660	15,910	54,911	118,409
		Doğu	89,142	7,955	73,268	105,017
		Bodrum	^a	.	.	.
	Gedik Serender	Kuzey	53,802	7,955	37,928	69,677
		Güney	44,815	11,250	22,365	67,265
		Batı	57,890	9,186	39,560	76,220
		Doğu	44,672	7,115	30,474	58,870
		Bodrum	^a	.	.	.
	Aydoğan Evi	Kuzey	66,817	9,186	48,487	85,147
		Güney	60,843	9,186	42,513	79,173
		Batı	^a	.	.	.
		Doğu	120,050	15,910	88,301	151,799
		Bodrum	^a	.	.	.
	Zihni Evi	Kuzey	41,484	7,115	27,286	55,682
		Güney	44,709	6,014	32,709	56,708
		Batı	50,307	7,955	34,433	66,182
		Doğu	47,780	9,186	29,450	66,110
		Bodrum	^a	.	.	.

(Tablo 50'nin devamı)

Makaslama modülü	Esat Evi	Kuzey	45,044	6,014	33,044	57,044
		Güney	30,443	6,014	18,443	42,443
		Batı	. ^a	.	.	.
		Doğu	36,270	15,910	4,521	68,019
		Bodrum	48,373	6,495	35,412	61,335
	Melikoğlu K.	Kuzey	. ^a	.	.	.
		Güney	. ^a	.	.	.
		Batı	. ^a	.	.	.
		Doğu	. ^a	.	.	.
		Bodrum	589,233	42,878	503,671	674,796
	Melikoğlu K. Baba Evi	Kuzey	627,085	74,268	478,886	775,284
		Güney	. ^a	.	.	.
		Batı	413,840	105,030	204,255	623,425
		Doğu	483,055	74,268	334,856	631,254
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Biryol Evi	Kuzey	543,013	60,639	422,010	664,017
		Güney	. ^a	.	.	.
		Batı	593,040	105,030	383,455	802,625
		Doğu	. ^a	.	.	.
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Çetinkaya Evi	Kuzey	719,653	52,515	614,860	824,445
		Güney	606,704	74,268	458,505	754,903
		Batı	633,360	105,030	423,775	842,945
		Doğu	652,517	42,878	566,954	738,079
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Gedik Konağı	Kuzey	748,050	105,030	538,465	957,635
		Güney	745,585	74,268	597,386	893,784
		Batı	788,820	105,030	579,235	998,405
		Doğu	805,225	52,515	700,433	910,017
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Gedik Serender	Kuzey	571,928	52,515	467,135	676,720
		Güney	512,625	74,268	364,426	660,824
		Batı	598,940	60,639	477,936	719,944
		Doğu	511,682	46,971	417,953	605,411
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Aydoğan Evi	Kuzey	657,850	60,639	536,846	778,854
		Güney	618,427	60,639	497,423	739,430
		Batı	. ^a	.	.	.
		Doğu	1009,230	105,030	799,645	1218,815
		Bodrum	. ^a	.	.	.

(Tablo 50'nin devamı)

	Zihni Evi	Kuzey	490,626	46,971	396,897	584,355
		Güney	511,920	39,698	432,704	591,136
		Batı	548,858	52,515	444,065	653,650
		Doğu	532,187	60,639	411,183	653,190
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Esat Evi	Kuzey	514,127	39,698	434,912	593,343
		Güney	417,743	39,698	338,527	496,958
		Batı	. ^a	.	.	.
		Doğu	456,180	105,030	246,595	665,765
		Bodrum	536,107	42,878	450,544	621,669
Yoğunluk	Melikoğlu K	Kuzey	. ^a	.	.	.
		Güney	. ^a	.	.	.
		Batı	. ^a	.	.	.
		Doğu	. ^a	.	.	.
		Bodrum	,487	,036	,415	,558
	Melikoğlu K. Baba Evi	Kuzey	,520	,062	,396	,644
		Güney	. ^a	.	.	.
		Batı	,340	,088	,165	,515
		Doğu	,400	,062	,276	,524
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Biryol Evi	Kuzey	,447	,051	,346	,548
		Güney	. ^a	.	.	.
		Batı	,490	,088	,315	,665
		Doğu	. ^a	.	.	.
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Çetinkaya Evi	Kuzey	,598	,044	,510	,685
		Güney	,500	,062	,376	,624
		Batı	,520	,088	,345	,695
		Doğu	,540	,036	,469	,611
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Gedik Konağı	Kuzey	,620	,088	,445	,795
		Güney	,615	,062	,491	,739
		Batı	,650	,088	,475	,825
		Doğu	,668	,044	,580	,755
		Bodrum	. ^a	.	.	.
	Gedik Serender	Kuzey	,473	,044	,385	,560
		Güney	,425	,062	,301	,549
		Batı	,493	,051	,392	,594
		Doğu	,384	,039	,306	,462
		Bodrum	. ^a	.	.	.

(Tablo 50'nin devamı)

	Aydoğan Evi	Kuzey	,543	,051	,442	,644
		Güney	,510	,051	,409	,611
		Batı	^a	.	.	.
		Doğu	,840	,088	,665	1,015
		Bodrum	^a	.	.	.
	Zihni Evi	Kuzey	,402	,039	,324	,480
		Güney	,419	,033	,353	,485
		Batı	,450	,044	,363	,537
		Doğu	,437	,051	,336	,538
		Bodrum	^a	.	.	.
	Esat Evi	Kuzey	,423	,033	,357	,489
		Güney	,340	,033	,274	,406
		Batı	^a	.	.	.
		Doğu	,370	,088	,195	,545
		Bodrum	,438	,036	,367	,510

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla tarihi yapıların cephelere göre yapılan ölçümlerin ortalamalarının MOE değerlerinin ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının belirlenmesine ilişkin yapılan Tukey testi sonuçları Tablo 51'de verilmiştir.

Tablo 51. Tarihi ahşap yapılarda yapılan MOE ölçümlerinin ortalamalarının yapılara ilişkin etkileri

Ahşap yapı isimleri	N	1	HG*	2	HG*	3	HG*
Gedik Serender	14	6676,9636	A				
Esat Evi	21	7536,3371	A	7536,3371	AB		
Biryol Evi	4	7697,9925	A	7697,9925	AB		
Melikoğlu Konağı	6	7805,6717	A	7805,6717	AB		
Zihni Evi	19	7963,0037	A	7963,0037	AB	7963,0037	ABC
Melikoğlu K. Baba Evi	5	8222,6180	A	8222,6180	AB	8222,6180	ABC
Çetinkaya Evi	13	9047,0785	A	9047,0785	AB	9047,0785	ABC
Aydoğan Evi	7			9588,7857	B	9588,7857	BC
Gedik Konağı	8					10440,7663	C

Tablo 51'de elde edilen bulgulara göre ahşap yapıların cephelerinin taşıyıcı elemanlarında belirlenen MOE değerleri ortalamalarının istatistiksel anlamda etkili olduğu ve gruplar arası anlamlı düzeyde farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir. Tablo 51'de üç farklı homojenlik grup tespit edilmiştir. Gedik Konağı Serenderde incelenen taşıyıcı elemanlarda

en düşük MOE (6676,96 MPa) değeri elde edilmiştir. Gedik Konağında incelenen taşıyıcı elemanlarda en yüksek MOE (10440,76 MPa) elde edildiği ve aralarında istatistiksel anlamda fark olduğu tespit edilmiştir.

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla Tarihi yapıların cephelerine göre yapılan ölçümlerin ortalamalarının vida tutma değerlerinin ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının belirlenmesine ilişkin yapılan Tukey testi sonuçları Tablo 52’de verilmiştir. Tablo 52’de elde edilen bulgulara göre ahşap yapıların cephelerindeki ahşap taşıyıcı elemanlarından elde edilen vida tutma direnç değerleri ortalamalarının istatistiksel anlamda etkili olduğu ve gruplar arası farklılık oluşturduğu belirlenmiştir. Tablo 52’de üç farklı homojenlik grup tespit edilmiştir. Esat Evinde incelenen taşıyıcı elemanlardan en düşük vida tutma direnci (1,23 kN) elde edilmiştir. Gedik Konağında incelenen taşıyıcı elemanlarda en yüksek vida tutma direnci (2,54 kN) elde edildiği ve aralarında istatistiksel anlamda fark olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 52. Tarihi ahşap yapılarda yapılan vida tutma ölçümlerinin ortalamalarının yapılarla ilişkin etkileri

Ahşap yapı isimleri	N	1	HG*	2	HG*	3	HG*
Esat Evi	21	1,2314	A				
Zihni Evi	19	1,3721	A				
Melikoğlu Konağı Baba-Evi	5	1,4160	A				
Gedik Serender	14	1,4400	A				
Biryol Evi	4	1,5425	A				
Melikoğlu Konağı	6	1,6933	A	1,6933	AB		
Çetinkaya Evi	13			2,0292	AB		
Aydoğan Evi	7			2,1486	AB	2,1486	ABC
Gedik Konağı	8					2,5487	C

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla tarihi yapıların cephelerinde incelenen taşıyıcı elemanlar üzerinde yapılan ölçümlerin ortalamalarının, MOR değerlerinin ortalamalarıyla karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının belirlenmesine ilişkin yapılan Tukey testi sonuçları Tablo 53’te verilmiştir. Tablo 53’te elde edilen bulgulara göre ahşap yapıların cephelerinde bulunan taşıyıcı elemanlardan elde edilen vida tutma direnci değerleri ortalamalarının istatistiksel anlamda etkili olduğu ve gruplar arası farklılık olduğu tespit edilmiştir. Tablo 53’te dört farklı homojenlik grup tespit edilmiştir. Esat Evinin incelenen taşıyıcı elemanlarındaki en düşük MOR (40,71 MPa) elde

edilmiştir. Gedik Konağının incelenen taşıyıcı elemanlarının en yüksek MOR (71,86 MPa) elde edildiği ve aralarında istatistiksel anlamda fark olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 53. Tarihi ahşap yapılarda yapılan MOR ölçümlerinin ortalamalarının yapılara ilişkin etkileri

Ahşap yapı isimleri	N	1	HG*	2	HG*	3	HG*	4	HG*
Esat Evi	21	40,7105	A						
Zihni Evi	19	45,5237	A						
Melikoğlu Konağı	5	46,9680	A						
Baba-Evi									
Gedik Serender	14	50,1336	A						
Biryol Evi	4	51,3150	A	51,3150	AB				
Melikoğlu Konağı	6	56,4217	A	56,4217	AB	56,4217	BC		
Çetinkaya Evi	13			67,8462	B	67,8462	BC		
Aydoğan Evi	7					71,8614	C	71,8614	CD
Gedik Konağı	8							85,4913	D

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla tarihi yapıların cephelerine göre yapılan ölçümlerin ortalamalarının makaslama modülü değerlerinin ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının belirlenmesine ilişkin yapılan Tukey testi sonuçları Tablo 54'te verilmiştir. Tablo 54'te elde edilen bulgulara göre ahşap yapıların cephelerinde incelenen taşıyıcı elemanlardan elde edilen vida tutma değerleri ortalamalarının istatistiksel anlamda etkili olduğu ve gruplar arası farklılık olduğu tespit edilmiştir. Tablo 54'te dört farklı homojenik grup tespit edilmiştir. Esat Evine ait taşıyıcı elemanlarda ölçülen en düşük makaslama modülü 485,51 MPa olarak hesaplanmıştır. Gedik Konağına ait taşıyıcı elemanlarda ölçülen en yüksek makaslama modülü 781,11 MPa olarak elde edildiği ve aralarında istatistiksel anlamda fark olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 54. Tarihi ahşap yapılarda yapılan makaslama modülü ölçümlerinin ortalamalarının yapılara ilişkin etkileri

Ahşap yapı isimleri	N	1	HG*	2	HG*	3	HG*	4	HG*
Esat Evi	21	485,5195	A						
Zihni Evi	19	517,2926	A						
Melikoğlu Konağı	5	526,8240	A						
Baba-Evi									
Gedik Serender	14	547,7279	A						
Biryol Evi	4	555,5200	A	555,5200	AB				
Melikoğlu Konağı	6	589,2333	A	589,2333	AB	589,2333	ABC		
Çetinkaya Evi	13			664,6522	AB	664,6522	ABC		
Aydoğan Evi	7					691,1514	C	691,1514	CD
Gedik Konağı	8							781,1175	D

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla Tarihi yapıların cephelerinde bulunan taşıyıcı elemanların ölçümlerinin ortalamalarının yoğunluk değerlerinin ortalamalarıyla karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının belirlenmesine ilişkin yapılan Tukey testi sonuçları Tablo 55'te verilmiştir. Tablo 55'te elde edilen bulgulara göre ahşap yapıların cephelerindeki taşıyıcı elemanlardan elde edilen vida tutma, değerleri ortalamalarının istatistiksel anlamda etkili olduğu ve gruplar arası farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 55. Tarihi ahşap yapılarda yapılan yoğunluk ölçümlerinin ortalamalarının yapılara ilişkin etkileri

Ahşap yapı isimleri	N	1	HG*	2	HG*	3	HG*
Esat Evi	21	,3971	A				
Zihni Evi	19	,4237	A				
Melikoğlu Konağı	5	,4360	A				
Baba-Evi							
Gedik Serender	14	,4386	A				
Biryol Evi	4	,4575	A				
Melikoğlu Konağı	6	,4867	A	,4867	AB		
Çetinkaya Evi	13			,5500	B		
Aydoğan Evi	7			,5714	B	,5714	BC
Gedik Konağı	8					,6463	C

Tablo 55’te dört farklı homojenik grup tespit edilmiştir. Esat Evine ait taşıyıcı elemanlarda ölçülen en düşük yoğunluk $0,39 \text{ g/cm}^3$ olarak elde edilmiştir. Gedik Konağına ait taşıyıcı elemanlarında ölçülen en yüksek yoğunluk $0,64 \text{ g/cm}^3$ olarak elde edilmiş olup, aralarında istatistiksel anlamda fark oluşmuştur.

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla tarihi ahşap yapıların MOE ölçümlerin ortalamalarının cepheler ve bodrum katı taşıyıcı elemanları bakımından karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının belirlenmesine ilişkin yapılan Tukey testi sonuçları Tablo 56’da verilmiştir. Tablo 56’da elde edilen bulgulara göre ahşap yapıların cephelerindeki taşıyıcı elemanlarında ölçülen MOE değerleri ortalamalarının istatistiksel anlamda etkili olmadığı ve gruplar arası farklılık olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 56. Tarihi ahşap yapılardan ölçülen MOE değerlerinin cepheler ve bodrum katı üzerindeki etkileri

Cephe	N	MOE	
		1	HG*
Güney	23	7333,9709	A
Bodrum	12	7942,8625	A
Doğu	22	8400,4595	A
Kuzey	29	8486,6252	A
Batı	11	8647,1327	A

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla tarihi yapıların cephelerindeki taşıyıcı elemanlardan ölçülen vida tutma, makaslama modülü, MOR, yoğunluk değerlerinin ölçümlerinin ortalama değerlerinin karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının belirlenmesine ilişkin yapılan Tukey testi sonuçları Tablo 57’de verilmiştir. Tablo 57’de elde edilen bulgulara göre ahşap yapıların cephelerinden elde edilen vida tutma, makaslama modülü, MOR, yoğunluk değerleri ortalamalarının istatistiksel anlamda etkili olduğu ve gruplar arası farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir. Güney cephesine ait taşıyıcı elemanlarında ölçülen vida tutma değerlerinin ortalaması en düşük 1,41kN olarak elde edilirken, doğu cephesinden ise en yüksek 1,80 kN olarak ölçülmüştür. Güney cephesi taşıyıcı elemanlarının makaslama modülü değerlerinin ortalaması en düşük 525,7 MPa olarak elde edilirken, doğu cephesinden ise en yüksek 623,74MPa olarak ölçülmüştür. Güney cephesinde bulunan taşıyıcı elemanlardan ölçülen yoğunluk değerlerinin ortalamasından en düşük ($0,43 \text{ gr/cm}^3$) değer elde edilirken doğu cephesinden ise en yüksek ($0,50 \text{ gr/cm}^3$) değer elde edilmiştir. Tablo 57’de görüldüğü üzere

tarihi ahşap yapıların cephelerine ait taşıyıcı elemanlarından ölçülen direnç değerlerin aralarında istatistiksel anlamda fark olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 57. Tarihi ahşap yapılardan ölçülen vida tutma, makaslama modülü, MOR, yoğunluk değerlerinin cepheler ve bodrum katı üzerindeki etkileri

Cephe	N	Vida Tutma direnci		Makaslama modülü		MOR		Yoğunluk	
		1	HG*	1	HG*	1	HG*	1	HG*
Güney	23	1,4100	A	525,7717	A	46,8074	A	,4313	A
Bodrum	12	1,5750	A	562,6700	A	52,3975	A	,4625	A
Kuzey	22	1,6538	A	580,1086	A	55,0397	A	,4786	A
Batı	29	1,6673	AB	583,7555	AB	55,5927	AB	,4800	AB
Doğu	11	1,8036	B	623,7495	B	61,6509	B	,5068	B

3.4. Ahşap Yapıların Cephelerinde Kullanılan Ağaç Malzemelerde Yüzey Kimyasındaki Değişimler Belirlenmesi

Tez çalışması kapsamında belirlenen üç farklı çalışma sahasında incelenen tarihi ahşap yapıların 4 farklı (güney, kuzey, doğu, batı) cephesinden numuneler alınarak üç tekrarlı olarak yüzey kimyasındaki değişimleri belirlemek amacıyla FTIR-ATR analizleri gerçekleştirilmiştir.

Alınan numunelerin güneşe (UV degradasyonunda) ve hava şartlarına maruz kalan yüzeyiyle, maruz kalmayan yüzeylerinde FTIR analizleri gerçekleştirilerek tarihi ağaç malzemenin (iç/alt yüzey) yüzeyinde meydana gelen değişimler kıyaslama suretiyle belirlenmiştir. Her bir yapı için birçok FTIR analizi gerçekleştirilmiş ve kontrol kestane numunesinin FTIR spektrasıyla karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada en fazla UV-degradasyonunda maruz kalan cephe olması nedeniyle sadece güney cephesinden alınan numunelere ait FTIR spektraları verilmiş ve meydana gelen değişimler yorumlanmıştır. FTIR spektralarındaki piklerin değişimleri aşağıdaki Tablo 58'deki açıklamalara göre gerçekleştirilmiştir.

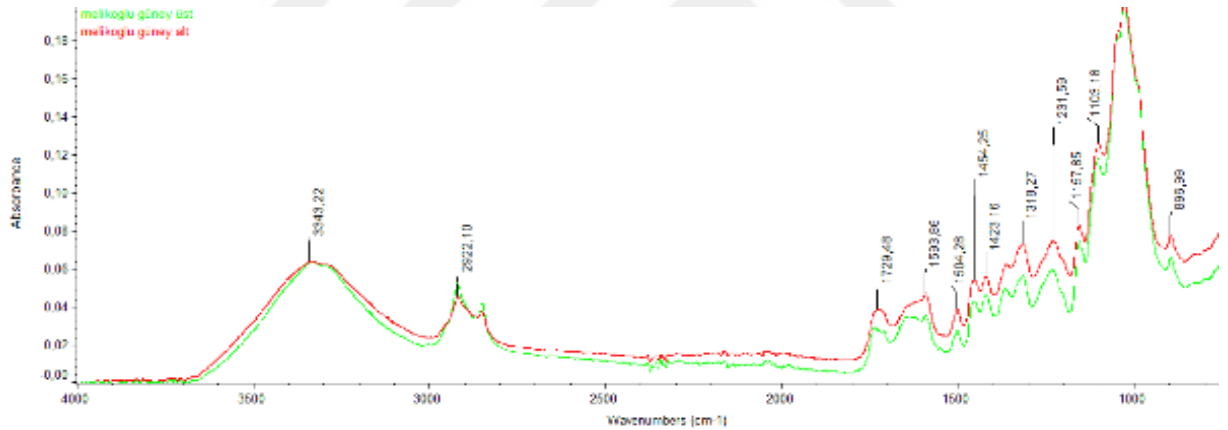
Tablo 58. FTIR analizlerinde tespit edilen piklerin tanımlanması (Gupta vd., 2015)

Dalga Boyu(cm⁻¹)	Tespit	Kaynaklar
3600-3000	O-H genişlemesi/gerilmesi	(Mohebbby, 2005; Haneef vd., 2017)
2980–2835	Selülozda CH ₂ , CH ₂ OH	(Schwanninger vd., 2004)
2940–2840	CH ₂ Simetrik genişlemesi	(Schwanninger vd., 2004)
1770–1710	Ksilanda C=O genişlemesi (Hemiselüloz)	(Mohebbby, 2005; Pandey & Pitman, 2003)
1650–1640	Lignin veya selüloz ile ilişkili absorbe edilmiş O-H, Amid I (β- düzlemi)	(Haneef vd., 2017; Pandey & Pitman, 2003; Schwanninger vd., 2004)
1560–1520	Lignin içindeki (syringyl) aromatik halkaların C = C genişlemesi	Haneef vd., 2017; Pandey & Pitman, 2003; Schwanninger vd., 2004)
1520–1500	Lignin içindeki (guaiacyl) aromatik halkaların C = C genişlemesi	Mohebbby, 2005; Pandey & Pitman, 2003; Schwanninger vd., 2004
1470–1410	Metil guruplarda C-H deformasyon	(Popescu vd., 2010)
	Karbonhidrat ve lignindeki C-H deformasyonu, CH ₂ kopma vibrasyonu	Haneef vd., 2017; Mohebbby, 2005; Pandey & Pitman, 2003; Schwanninger vd., 2004
1375–1365	Selüloz ve hemiselüloz da CH deformasyonu, kitin	(Haneef vd., 2017; Mohebbby, 2005; Pandey & Pitman, 2003; Schwanninger vd., 2004)
1365–1335	OH düzlem içi deformasyon	(Schwanninger vd., 2004)
	Selülozda CH ₂ tip vibrasyonu	(Pandey & Pitman, 2003; Schwanninger vd., 2004; Mohebbby, 2005)
1282–1277	Selülozda CH deformasyonu	(Schwanninger vd., 2004)
	Syringyl halkası, C-O geriliyor lignin ve ksilan, Nükleik asit	(Pandey & Pitman, 2003; Mohebbby, 2005; Haneef vd., 2017)
1235–1225	OH, düzlem deformasyonu	(Schwanninger vd., 2004)
1162–1125	Selüloz ve hemiselülozda C-O-C vibrasyonu	(Mohebbby, 2005; Pandey & Pitman, 2003; Schwanninger vd., 2004)
1047–1004	Selülozda C-O genişlemesi	(Mohebbby, 2005; Pandey & Pitman, 2003; Schwanninger vd., 2004)

(Tablo 58'in devamı)

986	C-C genişlemesi	(Haneef vd., 2017)
	Anomer C-grubu, Glukan β -anomerik C-H gurup genişlemesi, selülozda C-H deformasyonu	(Pandey and Pitman, 2003; Schwanninger vd., 2004; Mohebbi, 2005; Haneef vd., 2017)
897	Selüloz ve Hemiselüloz da C-O-C titreşimi/sallanması Selüloz ve Hemiselüloz da C=O gerilmesi Selülozda C-H deformasyonu	Gaviel vd., 2021

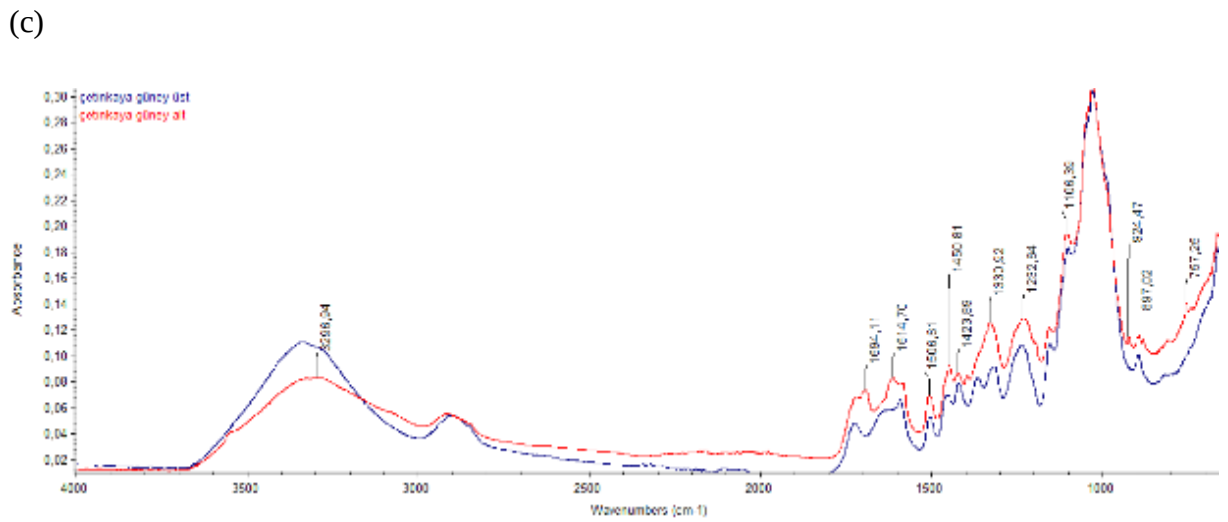
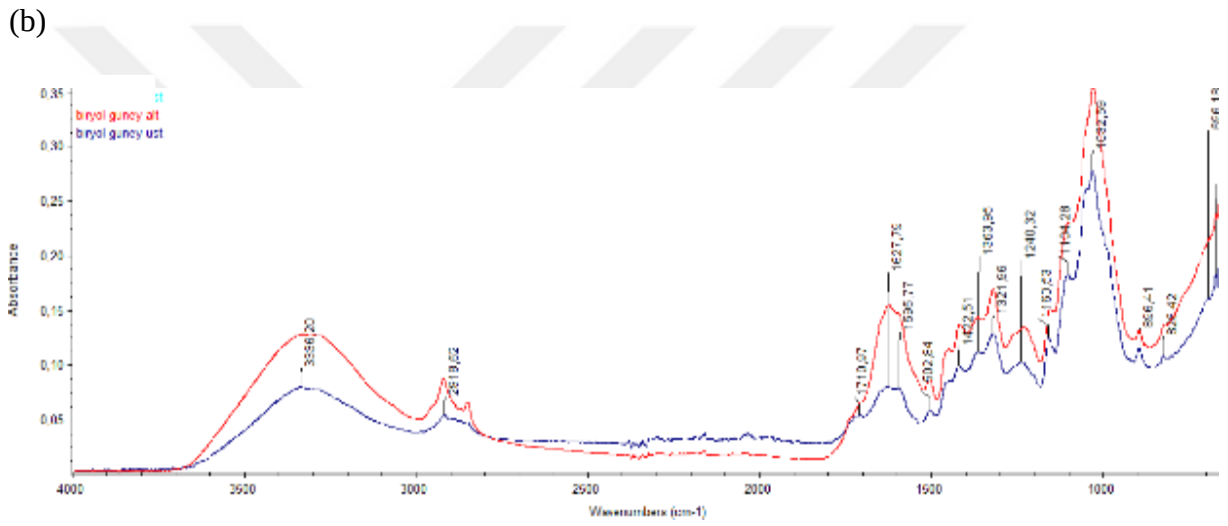
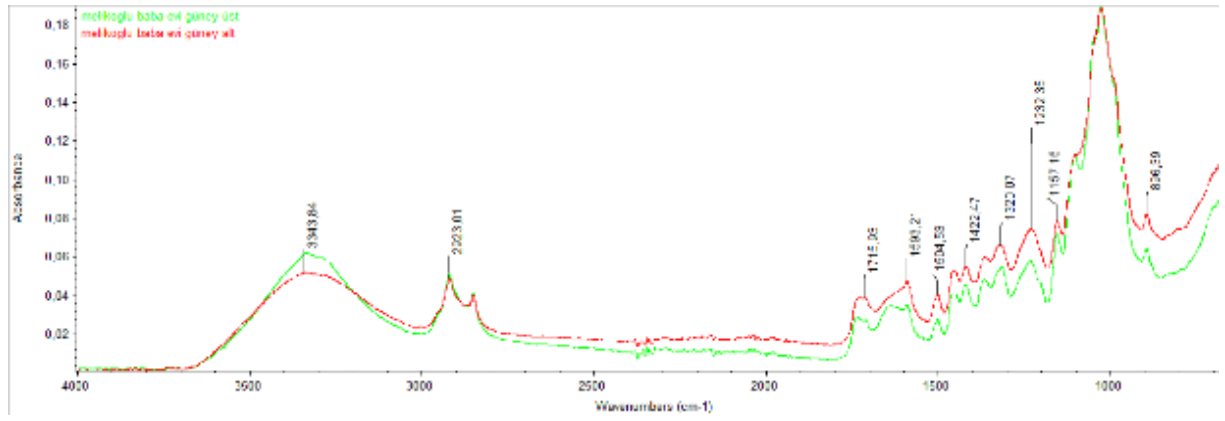
Rize Fırtına vadisinde üç farklı çalışma sahasında incelenen tarihi ahşap yapıların güney cephelerindeki ağaç malzemelerin yüzey kimyasındaki değişimler FTIR-ATR analiziyle belirlenmiş ve yapılara ait FTIR analizleri Şekil 112'de verilmiştir.



(a)

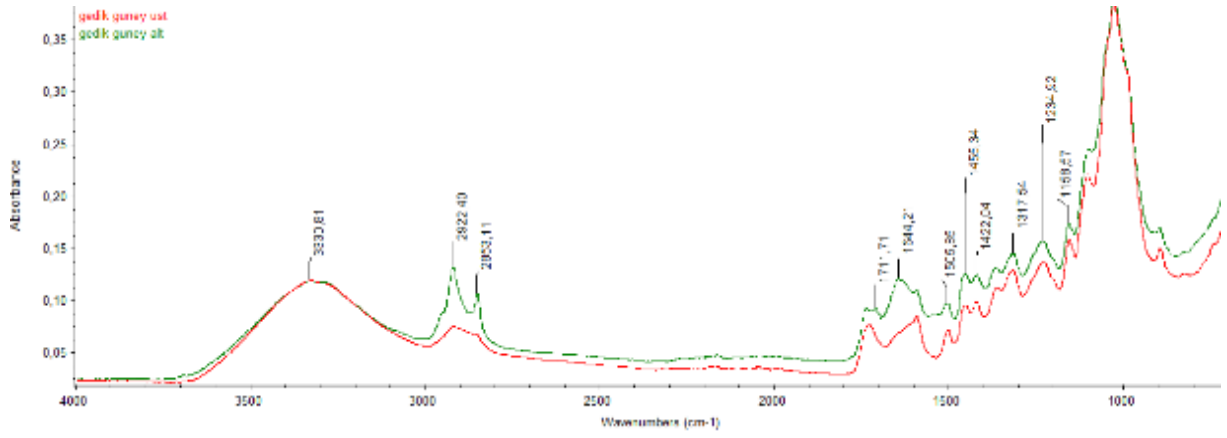
Şekil 112. (a) Melikoğlu K., (b)Melikoğlu K. Baba Evi, (c)Biryol Evi, (d)Çetinkaya Evi, (e)Gedik K, (f) Gedik Serender, (g) Esat Evi, (h) Zihni Evi ve (i) Aydoğan Evinin güney cephelerinden alınan ağaç numunelerinin dış ve iç yüzeylerinin FTIR spektralleri, (j) Kontrol kestane

(Tablo 112'nin devamı)

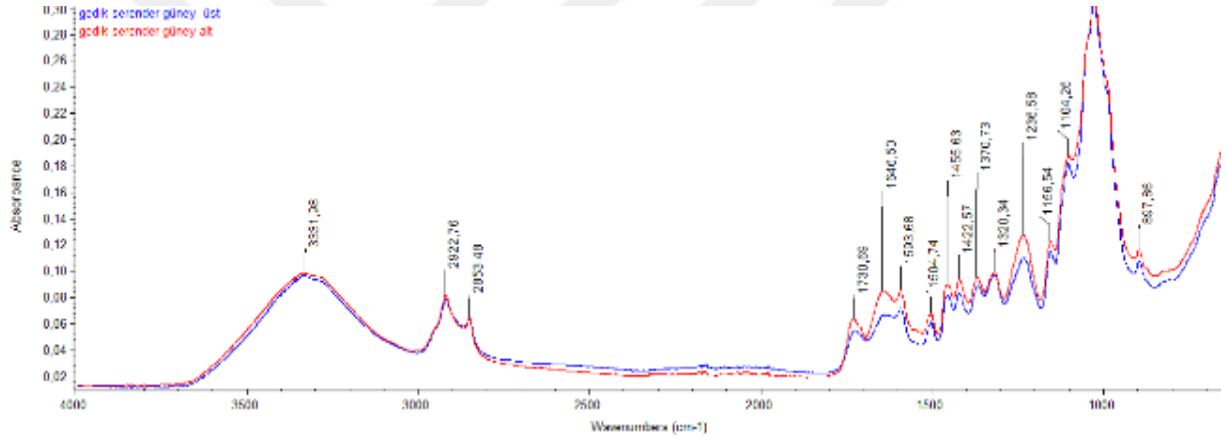


(d)

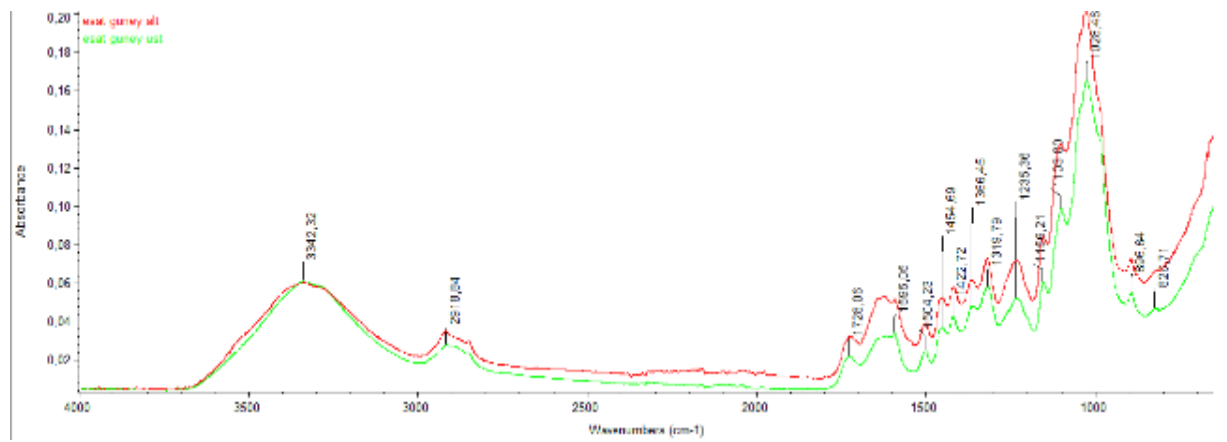
(Tablo 112'nin devamı)



(e)

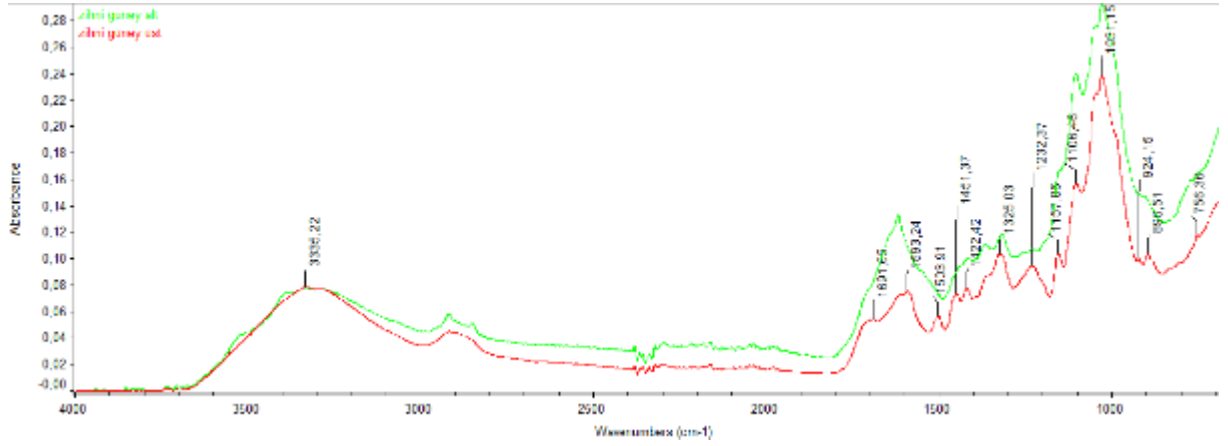


(f)

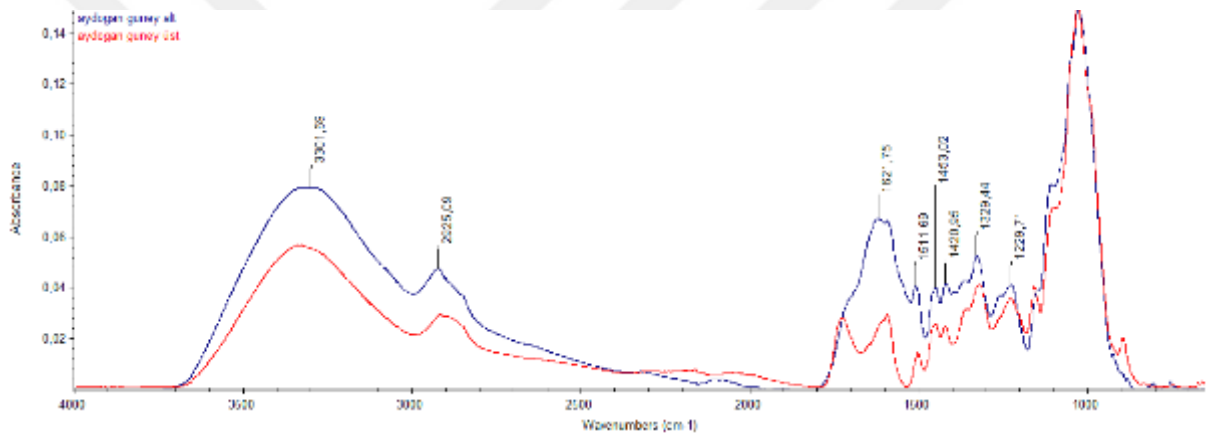


(g)

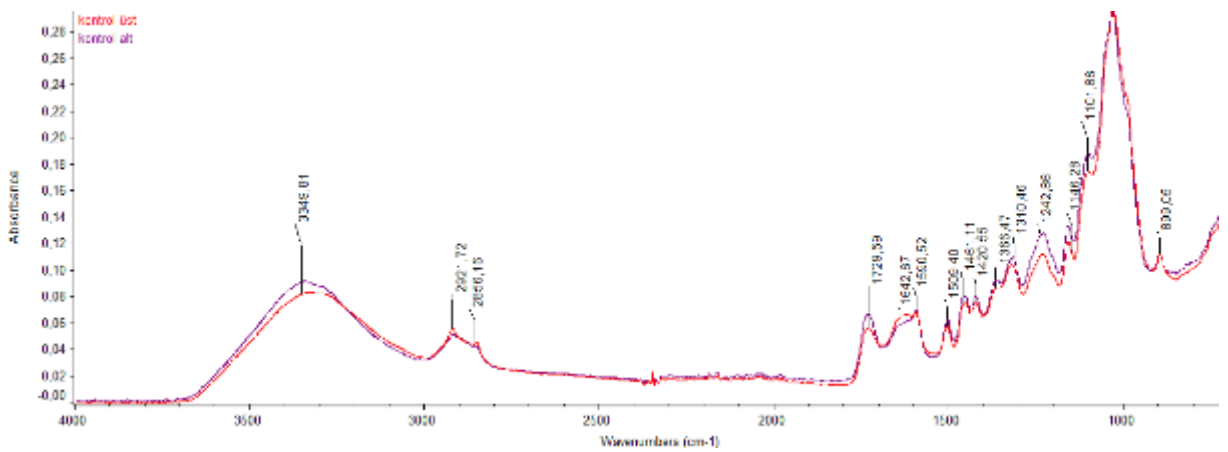
(Tablo 112'nin devamı)



(h)



(i)



(j)

FTIR spektraları, dış hava şartlarının ağaç malzeme yüzeyindeki bileşenler (selüloz, hemiselüloz ve lignin) üzerinde etkisi hakkında bilgi vermektedir (Emmanuel ve vd. 2015).

Elde edilen sonuçlara göre 897 cm^{-1} 'deki pik, selülozdaki selüloz ve hemiselülozda C=O gerilemesi ve C-H deformasyonunu göstermektedir (Gaviel vd., 2021). UV etkilerine karşı nispeten daha dayanıklı olan selülozun karakteristik pikleri zaman içinde doğal bozulmanın da etkisiyle 1103 cm^{-1} ve 1157 cm^{-1} 'de daha belirgin hale geldiğini göstermektedir (Pandey ve Pitman, 2003; Schwanninger vd., 2004). UV degradasyonuna uğrayan yüzeylerde selüloz (1627 cm^{-1}) piklerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu piklerin artışı lignin ve hemiselüloz polimerlerinin parçalandığını göstermektedir. Kaçık vd., (2014) Eski göknar ağacı kiriş örneklerinde selülozun %13 arttığını, lignin ve holoselülozun ise yeni göknar ağacına kıyasla %4 oranda azaldığını belirtmişlerdir. Tespit edilen (1733 cm^{-1}) piki hemiselülozlarda (ksilanda) C=O gerilmesi/genişlemesini ifade etmekte olup, UV degradasyonuna maruz kalan yüzeylerde maruz kalmayan yüzeye oranla daha düşük pike sahip olduğu belirlenmiştir. Bu da hemiselülozlarda meydana gelen parçalanmayı/bozulmayı işaret etmektedir. Ghavidel vd., (2021) arkeolojik ağaç malzemenin 1743 cm^{-1} 'deki absorpsiyon bandındaki pik yoğunluğundaki azalmanın sebebini weathering kaynaklı hemiselülozun bozulmasıyla ilişkisini olduğunu belirlemiştir. Siyal vd., (2021) sıcaklığın artması sonucunda 1735 cm^{-1} 'deki pik yoğunluğunun azaldığı; bu nedenle de karboksilik asidin C=O'sunun kararlı olmadığını belirtmişlerdir. Hemiselülozun bozulması ve uçucu bileşiklerin açığa çıkması gibi sıcaklık artışına bağlı olarak ağaç malzemenin kimyasal yapısında meydana gelen değişiklikleri ortaya koymuşlardır. Tablo 18'de görüldüğü üzere 1232 cm^{-1} OH gruplarıyla ilişkili olmakla birlikte selüloz, hemiselüloz ve ligninle de ilişkilendirilmektedir. 1368 cm^{-1} dalga boyları selüloz ve hemiselülozdaki C-H deformasyonunu temsil etmektedir. Bu bölgede tespit edilen piklerin UV degradasyonuna maruz kalan yüzeylerde, maruz kalmayan yüzeye oranla daha düşük olduğu belirlenmiş, bu da selülozda bir miktar bozulmanın meydana geldiğini göstermektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, alınan numunelerdeki ana bileşenlerde (selüloz, hemiselüloz ve lignin) meydana gelen bozulmalar/değişimler sadece UV degradasyonundan kaynaklanmamakta, görsel ve tahribatsız incelemeler sonucunda da belirlendiği üzere, bazı yapılarda gerek böcek gerekse mantarlar tarafından meydana getirilen biyotik bozulmayı da göstermektedir. Moosavinejad vd., (2019) tarihi ahşap binalardaki kimyasal bileşiklerde bozulmayı değerlendirmek amacıyla yaptıkları FTIR spektroskopisinde, spektraların selüloz ve hemiselüloz ile ilişkili bölgelerin bozulmaya işaret ettiğini bildirmişlerdir. Esmer çürüklüğe veya hidrolize bağlı, karbonhidratların bozulmasının lignine oranla daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Binaların güney tarafından alınan numunelerin, muhtemelen

rüzgâr ve UV ışınları gibi çevresel faktörler nedeniyle daha fazla bozulma gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Ayrıca, 1450 cm^{-1} piki (lignindeki) metil gruplarında C-H deformasyonunu göstermekte olup, dış yüzeyden alınan (biyotik ve abiyotik faktörlere doğrudan ve daha fazla kalan yüzey) numunelerdeki pikin yüksekliğinin/büyükliğünün (alt) iç kısımlardan alınan numunelere oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu da yine lignindeki bozulmayı ifade etmektedir. FTIR analizlerinde elde edilen en büyük piklerden birisi 1027 cm^{-1} dalga boyunda tespit edilmiş ve selülozda C-O genişlemesi/gerilmesini ifade etmektedir. Genel olarak çalışma kapsamında incelenen yapıların güney cephesinden alınan numunelerin yüzey kimyasında değişimler olduğu ve ana bileşenlerde parçalanmalar/bozulmalar olduğu tespit edilmiştir. Literatürde daha önceden yapılmış çalışmalar incelendiğinde (Moosavinejad vd, 2019; Ghavidel vd., 2021; Ali, 2021) bu tez kapsamında elde edilen bulgularla uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Tablo 59. Ahşap yapılardan alınan numunelere ilişkin karbonil indeksi (C.I)

Ahşap Yapılar	Yüzey	Cepheler			
		Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Melikoğlu K	Üst	0,50	0,60	-	-
	Alt	0,57	0,67	-	-
Melikoğlu K.Baba Evi	Üst	0,54	0,59	0,59	0,49
	Alt	0,59	0,62	0,62	0,84
Biryol Evi	Üst	0,58	0,38	0,61	0,64
	Alt	0,62	0,48	1,75	0,63
Çetinkaya Evi	Üst	0,53	0,54	0,6	0,49
	Alt	0,72	0,64	0,74	0,46
Gedik Konağı	Üst	0,63	0,64	0,63	0,55
	Alt	0,63	0,63	0,84	0,66
Gedik Serender	Üst	0,53	0,42	0,63	0,59
	Alt	0,58	0,66	0,97	0,65
Esat Evi	Üst	0,20	0,51	0,47	0,51
	Alt	0,53	0,52	0,71	0,77
Zihni Evi	Üst	0,44	0,56	0,63	0,59
	Alt	0,57	0,62	0,61	0,59
Aydoğan Evi	Üst	0,58	0,86	0,56	-
	Alt	0,81	0,98	0,66	-

Tablo 60. Ahşap yapılardan alınan numunelere ilişkin lignin indeksi (L.I)

Ahşap Yapılar	Yüzey	Cepheler			
		Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Melikoğlu K	Üst	0,60	0,61	-	-
	Alt	0,65	0,67	-	-
Melikoğlu K. baba Evi	Üst	0,56	0,56	0,56	0,54
	Alt	0,67	0,58	0,58	0,73
Biryol Evi	Üst	0,68	0,43	0,68	0,72
	Alt	0,80	0,48	0,72	0,77
Çetinkaya Evi	Üst	0,68	0,57	0,58	0,57
	Alt	0,73	0,69	0,67	0,61
Gedik Konağı	Üst	0,48	0,56	0,61	0,58
	Alt	0,60	0,68	0,61	0,61
Gedik K Serender	Üst	-	0,48	0,6	0,61
	Alt	0,56	0,69	0,88	0,60
Esat Evi	Üst	0,34	0,56	0,50	0,55
	Alt	0,55	0,62	0,66	0,72
Zihni Evi	Üst	0,39	0,57	0,65	0,43
	Alt	0,60	0,65	0,69	0,79
Aydoğan Evi	Üst	0,53	0,53	0,67	-
	Alt	0,56	0,96	0,78	-

Çalışma kapsamında incelenen tarihi ahşap yapıların farklı cephelerinden alınan test ve kontrol numunelerinin karbonil ($C=O$, $H-C=O$) indeksi (C.I.) hesaplanmış ve elde edilen bulgular Tablo 59'da verilmiştir. Kontrol kestane numunesinin C.I dış yüzeyde 0,52 iç yüzeyde 0,73 olarak hesaplanmıştır. Ağaç malzemenin bozulma oranı arttıkça karbonil indeksinin azaldığı görülmüştür. C.I.'deki düşüşün amorf içeriğin ve ligninin ortadan kalkması nedeniyle meydana geldiği belirlenmiştir. Bu durum selülozda O atomlarının C-O-C veya C-O-H formunda bağlanmış olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Li & Reeve, 2004). Azalan lignin miktarı, yüzeyde görece artan selüloz miktarının ortaya çıktığını doğrulamaktadır. Wang vd. (2009) bir çalışmada FTIR sonuçlarının dış hava etkilerine maruz kalan kestane odununda lignin degradasyonunun ve karbonil grupları oluşumunun arttığı bildirmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen tarihi ahşap yapıların farklı cephelerinden alınan test ve kontrol numunelerinin lignin indeksi (L.I.) hesaplanmış ve elde edilen bulgular Tablo 60'ta verilmiştir. Kontrol kestane numunesinde L.I. dış yüzeyde 0,63 iç yüzeyde 0,69 olarak elde edilmiştir. Her iki indeks tarihi ve arkeolojik ahşapların korunma durumunun

değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Gupta vd., 2015; Cavallaro vd., 2018). Başka bir araştırmada ise L.I. değerlerinin I_{1505}/I_{1375} bant oranının aksine, I_{1375}/I_{1512} bant oranlanmasıyla değerlendirildiği rapor edilmiştir (Raikila vd., 2007). Bu çalışma kapsamında tespit edilen L.I. değerleriyle literatürde verilen sonuçlarla benzerlik göstermiştir. Gupta vd., (2015), yaptıkları bir çalışmada UV degradasyonuna maruz kalan farklı ağaç türlerine ait hem L.I hem de C.I değerlerinin 0,5 ile 0,9 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

3.5. Rutubet Ölçer ile Rutubet Tayini

Tarihi ahşap yapılara ait malzemenin rutubet değerleri rutubet ölçer cihazıyla ölçülmüştür. Ahşap yapıların güneş gören ve görmeyen cephelerindeki rutubet tayinleri yapılmış olup, elde edilen bulgular Tablo 61’de verilmiştir.

Tablo 61. Ahşap yapıların güneş gören ve görmeyen cephelerindeki rutubet değerleri

Yapı isimleri	Coğrafi Yönlere Göre Ölçülen Rutubet Miktarları (%)			
	Güney	Kuzey	Doğu	Batı
Melikoğlu Konağı	16	18	14	13,1
Melikoğlu Baba Evi	19	20	16	15,3
Biryol Evi	16,2	18	15	13,8
Gedik Konağı	9,7	16,7	13	12,6
Gedik Serender	11,7	19,3	16	15,2
Çetinkaya Evi	12,5	19	15	15,4
Aydoğan Evi	14	16	14	13,5
Esat Evi	13	16	15,4	15
Zihni Evi	19	19,8	16,3	14

Yapılan incelemeler sonucunda ahşap yapıların güneş alan cephesindeki rutubet değerleri diğer cephelere kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. En düşük rutubet değeri Gedik Konağının güney (%9,7) cephesinden elde edilmiştir. En yüksek rutubet değerleri genel anlamda kuzeye bakan (Zihni Evi: %19,8) cephelerden elde edilmiş olup, doğu/batı cephesine ait rutubet değerlerinin birbirinden çok farklı olmadığı tespit edilmiştir.

3.6. Ahşap Yapılardan Alınan Odun Örneklerinin Kimyasal Yapısı

Çalışma kapsamında belirlenen üç farklı çalışma sahasında bulunan toplamda dokuz tarihi ahşap yapıdan alınan ahşap numunelerin kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve kontrol örneğine oranla değişiminin tespiti amacıyla alkol benzen çözünürlüğü, %1'lik NaOH çözünürlüğü, selüloz, hemiselüloz ve lignin oranları belirlenmiş ve elde edilen bulgular Tablo 62'de verilmiştir.

Tablo 62. Kimyasal analiz sonucu elde edilen bulgular

Yapı adları	Alkol-benzen çöz	Hemiselüloz	Alfa-Selüloz	Lignin	%1 NaOH çöz
Kontrol	15,51	28,60	35,84	23,86	66,43
Gedik Evi	3,53	37,97	37,70	25,27	73,31
Gedik Serender	3,26	29,26	40,48	31,09	69,20
Çetinkaya Evi	2,46	24,97	44,54	30,83	71,78
Melikoğlu Evi	3,46	32,34	41,09	25,65	75,03
Melikoğlu K. Baba Evi	5,52	25,95	45,10	23,72	70,82
Biryol Evi	3,00	32,91	38,61	25,30	72,88
Aydoğan Evi	1,54	27,61	42,99	29,58	79,99
Esat Evi	5,43	27,69	37,62	31,07	64,30
Zihni Evi	3,24	30,12	41,39	28,62	66,75

Tarihi ahşap yapılardan alınan odun numunelerinin alkol benzen çözünürlüğü kontrol örneğine oranla oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Uzun yıllar boyunca dış ortam/iklim koşullarına ve UV ışığına maruz kalması sonucunda tarihi ahşap yapılardan alınan odun numunelerindeki ekstraktif maddelerin uzaklaştığı ve bu nedenle alkol benzen çözünürlüklerinin düşük olduğu düşünülmektedir. Çalışma kapsamında incelenen yapılardan, Esat Evinden alınan numuneler dışında incelenen diğer sekiz yapının tamamının %1'lik NaOH çözünürlük oranları kontrol numunelerinininkinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bilindiği üzere, odunun biyotik faktörler sonucunda bozulmasıyla birlikte parçalanma ürünlerin miktarı artmakta ve bu da özellikle esmer çürüklükte %1'lik NaOH çözünürlük oranının artmasına neden olmaktadır. Tüm değerler literatürde bildirilen daha önceki sonuçlarla uyumlu olduğundan (Wagenführ, 1996) gözlemlenen farklılıkların odunun yaşlanmasının bir sonucu olmaktan çok doğal varyasyonların bir sonucu olduğu varsayılmaktadır. Lignin oranı en yüksek Gedik Serenderden alınan numunelerde (%31,09), en düşük lignin oranı ise Melikoğlu Konağı Baba Evinden alınan numunelerde (%23,72)

tespit edilmiştir. Ligninin nispi içeriğinin artması selüloz, hemiselüloz, inorganik elementler veya ekstraktif maddelerin bozulmasına ilişkin bir sebep olarak gösterilebilir (Xie vd., 2015). Diğer bir sebep yapının inşasında kullanılan ahşap malzemenin yüksek oranda lignin ihtiva etmesi ve bunun sonucunda güneşe maruz kalan yüzeylerin degradasyona rağmen lignin içeriğinin diğer malzeme yüzeylerine rağmen fazla olmasıyla açıklanabilir. Esat Evinden alınan numuneler üzerinde en düşük selüloz oranı (%37,62) elde edilirken, Melikoğlu K. Baba Evinden alınan numunelerden en yüksek selüloz oranı (%45,10) tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen dokuz yapının selüloz oranlarının kontrol numunelerinkinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kaçık vd., (2014) eski göknar ağacı kiriş örneklerinde selülozun %13 arttığını, lignin ve holoselülozun ise yeni göknar ağacına kıyasla %4 oranda azaldığını belirtmişlerdir. Hemiselüloz oranı ise tüm yapılar içerisinde alınan numunelerden en yüksek Gedik Evinden (%37,97), en düşük Çetinkaya Evinden (%24,97) elde edilmiştir. Zamanla, reçineler ve tanenler gibi ekstraktif maddeler çevresel faktörler (UV, rutubet) nedeniyle bozularak ve ahşaptan uzaklaşmaktadır. Bu durum selüloz ve hemiselülozun nispi oranlarda artışına yol açabilmektedir. Ayrıca, ahşapta oksidatif reaksiyonlar gibi kimyasal değişiklikler lignin bozulmasına neden olarak selüloz ve hemiselüloz içeriğini daha da artırabilmektedir (Poletto vd., 2012). Ligninin degrade oldukça, ağaç malzemedeki selüloz ve hemiselüloz oranı görece artabilmektedir.

Sonuç olarak, tarihi ağaç malzemelerdeki selüloz ve hemiselüloz yüzdesinde gözlenen artış, muhtemelen ekstraktif maddelerin bozulması, biyolojik bozulma, kimyasal değişiklikler, ahşap türlerindeki doğal varyasyon ve çevresel koşulların birleşik etkilerinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Bu faktörler odunun kimyasal bileşiminin zaman içinde değişmesine katkıda bulunarak lignin gibi diğer bileşenlere kıyasla selüloz ve hemiselüloz oranının nispi/görece daha yüksek olmasına neden olduğu düşünülmektedir.

3.7. Ahşap Yapılardan Alınan Odun Örneklerinin Fiziksel Yapısı

3.7.1. Rutubet ve Yoğunluk Değerleri

Tarihi ahşap yapılardan alınan, 20x20x30 mm (R×T×L) boyutlarında hazırlanan numunelerin ortalama rutubet (%) ve yoğunluk değerleri (g/cm³) Tablo 63'te standart sapmaları ile verilmiştir.

Tablo 63. Ahşap evlerden alınan numunelerin rutubet ve yoğunluk değerleri

Yapı adları	Rutubet (%)		Yoğunluk(g/cm ³)	
	Ort.	Std	Ort	Std.
Melikoğlu Konağı	12,18	0,21	0,58	0,06
Melikoğlu Konağı Baba Evi	12,38	0,70	0,41	0,01
Biryol Evi	11,72	0,17	0,40	0,01
Gedik Konağı	11,15	0,30	0,51	0,01
Gedik Konağı Serender	12,21	1,53	0,54	0,02
Çetinkaya Evi	11,52	0,15	0,70	0,07
Esat Evi	12,78	0,81	0,69	0,06
Zihni Evi	13,20	0,23	0,53	0,01
Aydoğan Evi	13,56	0,29	0,54	0,03
Kontrol	12,88	0,50	0,52	0,01

Tablo 63'te yer alan değerlere göre en yüksek rutubet miktarı Aydoğan Evinde incelenen taşıyıcı elemanlarda (%17,56), en düşük rutubet miktarının ise Gedik Konağında incelenen taşıyıcı elemanlarda (%11,15) olduğu bulunmuştur. Buna karşın en yüksek yoğunluk değeri Çetinkaya Evinden alınan numunelerde (0,70 g/cm³), en düşük yoğunluk değeri ise Biryol Evinden alınan numunelerde (0,40 g/cm³) saptanmıştır. Biryol Evinden ve Melikoğlu Konağı Baba Evinden alınan numunelerin yoğunluk değerleri kontrole kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Uzun yıllar boyu kullanılan ağaç malzemenin zaman içerisinde yaşlanmasıyla beraberinde kütlelerindeki ağırlıklarını kaybetmelerinden dolayı yoğunluk değerlerinin azalması beklenen bir durumdur. Literatürde belirtildiği üzere odunun hücre duvarındaki lignin ve hemiselüloz çevresel faktörler nedeniyle depolimerize olması, odunun yapısında bulunan suda çözünebilen ekstraktif maddelerin yıkanarak uzaklaşması ve biyotik faktörlerin etkileri nedeniyle odun ağırlık kaybına uğramaktadır (Khalil vd, 2010). Thaler vd., (2014) yaklaşık 35 yıl hizmet ömrüne sahip eski kestane direğinin yoğunluk değerini 0,57 g/cm³ ve yeni kestane odununun yoğunluk değerini 0,60 g/cm³ olarak bulmuştur. Başka bir çalışmada Han vd., (2019) yaşlandırma sonrasında hücre çeperindeki karbonhidratların ve lignin konsantrasyonunun azalmasının, sertliğin düşmesine ve hücre çeperinin yoğunluğunun azalmasına neden olabileceğini bildirmiştir. Yapılardan yedi tanesine ait numunenin yoğunluk değeri kontrol kestanenin yoğunluk değerleriyle aynı ve/veya yakın sonuçlar vermiştir. Bu sonuca göre, bu durum en az 150 yıllık tarihi yapılardan alınan numunelerin doğal yaşlandırma dönemindeki mekanik dayanım performansının iyi olduğunu söylemek mümkündür (Topaloğlu, 2023), Bunun sebebi olarak tanen ihtiva eden kestane ağacının doğal dayanıklılığına ve yeterli mukavemeti gösterilebilir. Buna karşılık

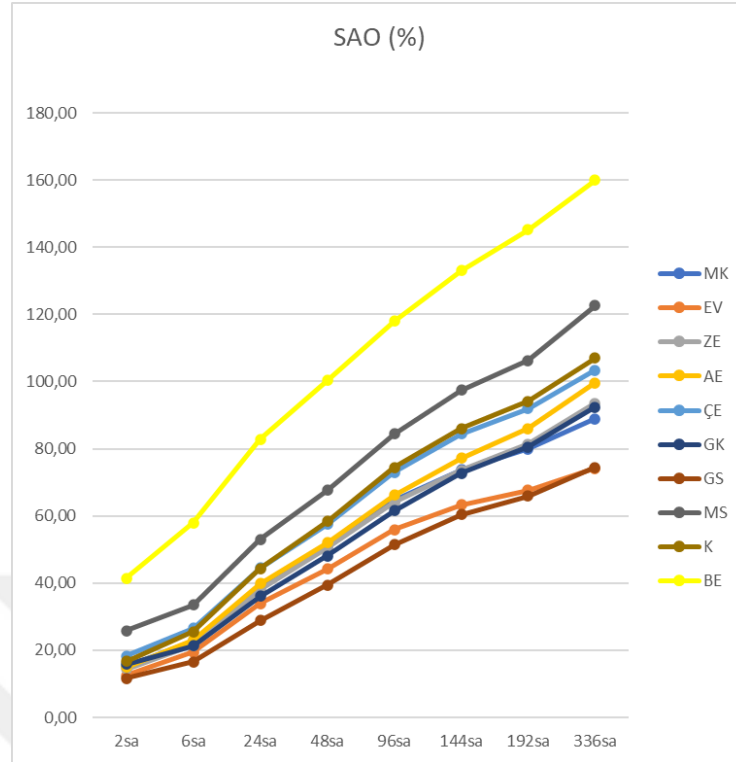
Esat ve Çetinkaya Evine ait numunelerin yoğunluk değerleri sırasıyla olarak $0,69 \text{ g/cm}^3$ ve $0,70 \text{ g/cm}^3$ bulunmuş ve kontrol kestanenin yoğunluk değerine kıyasla yüksek değerler elde edilmiştir.

3.7.2. Ahşap Yapılardan Alınan Numunelerin Su Alma Oranları

Tarihi ahşap yapılardan alınan ve belirtilen saatlerde suda bekletilen numunelerdeki ve kontrol (20x20x30 mm) numunesine ait su alma oranlarına ilişkin bulgular aşağıda yer alan Tablo 64'te verilmiştir.

Tablo 64. Fiziksel teste tabi tutulan numunelerin su alma oranı değerleri

SAO (%) (su alma oranı)								
Yapı adları	2sa	6sa	24sa	48sa	96sa	144sa	192sa	336sa
Melikoğlu Konağı	15,29	22,74	38,92	51,11	64,53	73,67	79,87	88,91
Melikoğlu Konağı Baba Evi	25,79	33,54	53,04	67,59	84,41	97,42	106,30	122,57
Biryol Evi	41,44	57,96	82,82	100,34	117,98	133,11	145,17	160,02
Gedik Konağı	18,28	26,54	44,42	57,47	73,05	84,45	92,02	103,33
Gedik Konağı Serender	15,77	21,31	36,09	48,06	61,53	72,65	80,55	92,40
Çetinkaya Evi	11,61	16,60	28,83	39,43	51,49	60,42	65,90	74,39
Esat Evi	12,53	19,46	33,99	44,14	55,85	63,33	67,59	74,16
Zihni Evi	14,45	21,42	37,98	50,41	63,95	73,56	81,43	93,58
Aydoğan Evi	14,89	23,01	39,80	51,95	66,24	77,21	85,99	99,68
Kontrol	16,86	25,69	44,73	58,63	74,63	86,18	94,13	107,24



Şekil 113. Ahşap yapılardan alınan numunelerde belirlenen su alma oranları

Yapılan çalışma sonucunda ahşap yapılardan alınan numunelerin suda bekletilme sürelerine bağlı olarak ilk 2 sa boyunca suda bekletilmesinden 336 sa sonuna kadar olan süreçte şu değerlere ulaşılmıştır (Şekil 113). Melikoğlu Konağından alınan numunelerdeki %SAO değerleri %15-%88,91 olarak bulunmuştur. Melikoğlu Konağı Baba Evinden alınan numunelerdeki %SAO %25,79-%122,57; Biryol Evinden alınan numunelerdeki %41,44-%160,02; Gedikoğlu Konağından alınan numunelerdeki %18,28-%103,33; Gedik Konağı Serenderden alınan numunelerdeki %15,77-%92,40; Çetinkaya Evinden alınan numunelerdeki %11,61-%74,39; Esat Evinden alınan numunelerdeki %12,53-%74,16; Zihni Evinden alınan numunelerdeki %14,45-%93,58 ve son olarak Aydoğan Evinden alınan numunelerdeki %SAO değerleri %14,89-%99,68 olarak tespit edilmiştir. Kontrol numunesine ait %SAO değer ise %16,86-%107,24 olarak bulunmuştur. Kontrol numunelerindeki su alma oranına göre Aydoğan Evi, Zihni Evi, Esat Evi, Çetinkaya Evi, Gedik Konağı Serender ve Melikoğlu Konağı daha düşük sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Bektaş vd., (2005) yaptığı çalışmayla benzer sonuçlar göstermektedir. Dış mekân yaşlandırma sürecinde, su ağaç malzemenin yüzeyini aşındırarak özellikle yüzeydeki hemiselülozları hidrolize etmektedir (Williams 2005). Inagaki vd., (2008) ve Kranitz vd., (2016) tarafından bildirildiği üzere, hemiselülozların veya amorf selülozun adsorpsiyonunun

azalması daha düşük denge rutubeti değerlerine katkı sağlamış olabilmektedir. Diğer taraftan Sonderegger vd., (2015) yaşları 120 ila 470 yıl arasında değişen göknar ve meşe odunlarının rutubet içeriklerinin, yeni ağaç malzemeden daha düşük olduğu sonucuna ulaşmıştır. Başka bir çalışmada ise 16. ve 19. yüzyıllara ait yaşlı Avrupa meşesi, Norveç ladini ve gümüş göknarı odunları ile yakın tarihli odunların rutubet davranışında bir fark olmadığı bildirilmiştir (Gereke vd., 2011).

Kontrol numunelerinde su alma oranına göre Melikoğlu Konağı Baba Evi, Biryol Evi daha yüksek sonuçlar vermiştir. Eski ağaç malzemelerdeki selülozun kristal zonların deforme olması nedeniyle ağaç malzemelerin daha fazla su almasına neden olabileceği düşünülmektedir. Bu durumun açıklığa kavuşturulması için daha sonraki çalışmalarda yapılardan alınan numuneler üzerinde XRD analizleri yapılarak kristalite derecelerinin belirlenmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir. Selülozun amorf bölgelerinin suyu daha çok absorpladığı bilinmektedir. Kranitz, (2014) yapmış olduğu çalışmada tarihi ahşap yapılardan alınan numunelerde su alma ve genişleme/daralma oranının arttığını tespit etmiş ve bunun nedeninin ise selülozun kristalit bölgelerinin deformasyonundan kaynaklanabileceğini belirtmiştir.

3.8. Ahşap Yapılardan Alınan Odun Örneklerinin Mekanik Yapısı

Çalışma kapsamında belirlenen üç farklı çalışma sahasındaki tarihi ahşap yapılardan temin edilen ahşap numuneler laboratuvarında tahribatlı mekanik testlere maruz bırakılmış ve ahşap numunelerin eğilme, basınç, şok dirençleri ve elastikiyet modülleri belirlenmiştir.

3.8.1. Ahşap Yapılardan Alınan Odun Örneklerinin Dinamik Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü

Tarihi ahşap numunelerin ve kontrol numunesinin eğilme direnci ve elastikiyet modülüne ilişkin test sonuçları standart sapmalarıyla Tablo 65'te verilmiştir.

Tablo 65. Ahşap yapılardan alınan ahşap numunelerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri

Yapı adları	MOR (Mpa)		MOE (Mpa)	
	Ort	Std. Sapma	Ort	Std. Sapma
Kontrol	63,27	11,78	8212,46	1104,02
Esat Evi	40,71	9,98	7536,34	1237,22
Zihni Evi	45,52	8,84	7963	2602,80
Aydoğan Evi	71,02	7,86	9588,79	3087,12
Gedik Konağı	83,16	1,90	10336,6	664,22
Gedik Konağı Serender	50,13	15,48	6676,96	2088,28
Çetinkaya Evi	64,32	11,38	9047,07	1491,49
Melikoğlu Konağı	48,51	10,03	7805,67	524,24
Melikoğlu Konağı Baba Evi	62,25	8,43	8866,26	1676,30
Biryol Evi	51,98	12,73	8084,64	1823,52

Tarihi yapılardan alınan numunelerin tahribatlı testleri sonucunda elde edilen MOE değerlerinin kontrol numunesine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, MOR değerlerinin, genel anlamda kontrol kestane numunesinden elde edilen sonuçlara oranla daha düşük olduğu sonucunu vermiştir. Bu durum, tarihi ahşap yapıdan alınan numunenin mekanik özelliklerine bağlı performansının günümüz kestane örneğine oranla daha düşük olmasıyla açıklanabilir. Gedik Konağı en yüksek (10336,6 MPa) MOE değeri elde edilirken Gedik Konağı Serenderden en düşük (6676,96 MPa) değer elde edilmiştir. MOR sonuçlarına göre Gedik Konağında en yüksek değer 83,16 MPa olarak, Esat Evinden ise en düşük değer 40,71 MPa olarak hesaplanmıştır. Yapılan bir çalışmada yeni kestane numunesinde ortalama MOR değeri $94,5 \text{ N/mm}^2$ olarak, eski kestane numunesi için ortalama değer $113,5 \text{ N/mm}^2$ olarak belirlenmiştir. Bu farklılığın doğal varyasyon kaynaklı bir sonuç olduğu düşünülmüştür (Thaler vd., 2014). Romagnoli & Spina'nın (2013) çalışmalarında ağaç malzemenin eğilme direnci değerleri 70 N/mm^2 ile 115 N/mm^2 arasında değişirken, Wagenführ (1996) tarafından yapılan bir çalışmada, bu değerlerin daha düşük bir aralıkta (64 N/mm^2 ile 91 N/mm^2 arası) olduğu bildirilmiştir. Ahşap direğin mekanik özelliklerinin iyi olması, malzemenin yüksek kaliteli olduğu ve seçilen zaman diliminde muhtemelen bozulmadığının göstergesi olmuştur. Sousa vd., (2012) çürümüş kestane kirişinin mekanik özelliklerinin %30-%36 oranında azaldığını, dolayısıyla mantar çürümesi durumunda düşük direnç değerlerinin beklendiğini bildirmiştir. Bununla birlikte, Vurdu vd., (2013) yaklaşık 100 yaşında olan antik çam ve antik göknar örneklerinin eğilme dayanımında kontrol örneklerine kıyasla önemli bir fark olmadığını, eski çam numunesinin elastikiyet modülünün

kontrolden daha yüksek olduğunu, eski göknar numunesi için ise tersi bir sonuç elde edildiğini belirtmiştir.

3.8.2. Ahşap Yapılardan Alınan Odun Örneklerinin Basınç Direnci

Tarihi ahşap yapılardan alınan ahşap numunelerin ve kontrol numunesinin basınç direnci test sonuçları standart sapmalarıyla birlikte Tablo 66’da verilmiştir.

Tablo 66. Ahşap yapılardan alınan ahşap numunelerin basınç direnci değerleri

Yapı adları	Ort. (N/mm ²)	Std. Sapma
Kontrol	56,31	2,02
Esat Evi	51,68	7,84
Zihni Evi	38,19	4,64
Aydoğan Evi	50,95	2,36
Gedik Konağı	47,31	4,84
Gedik Konağı Serender	59,23	6,98
Çetinkaya Evi	43,70	4,37
Melikoğlu Konağı	43,75	11,75
Melikoğlu Konağı Baba Evi	36,43	3,40
Biryol Evi	44,02	2,47

Elde edilen basınç direnci testi verilerine göre eski kestane odunu numunelerinde liflere paralel basınç direnci en düşük Melik Konağı Baba Evi (36,43N/mm²), en yüksek Gedik Konağı Serender (59,23 N/mm²) olarak tespit edilmiştir. Kontrol numunesinin test sonucunun, eski yapılardan elde edilen test sonuçlarına kıyasla yüksek çıktığı belirlenmiştir. Eski numunelerden elde edilen basınç testlerinin yeni numunelere kıyasla daha düşük çıktığı literatürde de bildirilmiş olup tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, arkeolojik odunların mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimleri incelemek üzere iğne yapraklı ağaç olarak Hinoki, yapraklı ağaç olarak Keyaki türleri değerlendirilmiştir. Hinoki’de ilk 200-300 yıllık dış hava koşullarında kalma süresinde eğilme ve basınç dirençlerinde bir artış kaydedilmiş, daha sonra kademe kademe bir azalma meydana gelmiştir. Yaklaşık 1500 yıl sonra mukavemetin başlangıçta olduğu gibi tekrar aynı olduğunu göstermişlerdir. Bu davranışı, yaklaşık 300 yıl içinde tamamlanan bir süreç olan selüloz kristalliliğindeki başlangıçtaki artışa bağlamıştır. Bu noktadan sonra, dirençlerde meydana gelen kademeli azalma odun karbonhidratlarının degradasyonu ile ilişkilendirilmiştir. Keyaki ise başlangıçta herhangi bir artış göstermeyip sonrasında sürekli olarak ve hinokiden daha büyük bir oranda bozulma göstermiştir (Kohara, 1984).

Karbonhidratların bozulması, eğilme direncinin, liflere paralel basınç direncinden daha fazla etkileneceğini gösterebilir. Ancak yapılan bir araştırmada, basınç ve eğilme direnci için sırasıyla ortalama %53,2 ve %51,4 olmak üzere yaklaşık direnç değerleri elde edilmiştir. Elastikiyet modülü ve eğilme direnci değerleri de yaklaşık aynı ölçüde azalmıştır. Çürümenin erken aşamalarının etkilerine ilişkin literatürde eğilme direnci ve elastikiyet modülünün yaklaşık eşit derecede etkilendiğini, ancak liflere paralel basınç direnci üzerindeki etkinin daha az olduğu belirtilmiştir (Wilcox, 1978). Genel olarak, kuru depolama veya kullanım koşulları çoğu bozulma etkenini engellemektedir. Böcek saldırısı durumu hariç, rutubetsiz ortamda mekanik özelliklerde büyük değişiklikler beklenmemektedir (Noack & Schwab, 1983).

3.8.3. Ahşap Yapılardan Odun Örneklerinin Dinamik Eğilme (Şok) Direnci

Tarihi ahşap yapılardan elde edilen ahşap numunelerin ve kontrol numunesinin şok direnci test sonuçları standart sapmalarıyla birlikte Tablo 67’de verilmiştir.

Tablo 67. Ahşap yapılardan alınan odun numunelerinin şok direnci değerleri

Yapı adları	Ort. (N/mm ²)	Std.
Kontrol	0,49	0,06
Esat Evi	0,30	0,13
Zihni Evi	0,28	0,05
Aydoğan Evi	0,28	0,08
Gedik Konağı	0,48	0,06
Gedik Konağı Serender	0,30	0,10
Çetinkaya Evi	0,33	0,07
Melikoğlu Konağı	0,31	0,04
Melikoğlu Konağı Baba Evi	0,23	0,10
Biryol Evi	0,24	0,08

Elde edilen bulgulara göre tarihi yapılardan alınan numunelerin şok direnci en düşük Melikoğlu Konağı Baba Evinde (0,23 N/mm²), en yüksek Gedik Konağında (0,48 N/mm²) bulunmuştur. Kontrol numunesi (0,49 N/mm²) tarihi yapılardan alınan numunelerden elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gedik Konağının (0,48 N/mm²) basınç direnci değerinin, kontrol numunesiyle benzer olduğu belirlenmiştir. Tarihi ağaç malzemenin eğilme mukavemeti veya şok direnci, çürüklüğün (Wilcox, 1978) veya termal bozulmanın daha ilk aşamasında dahi etkilenebilmektedir. Schulz (1984), 300

yıldır kullanılmakta olan ladin çatı kirişinden alınan numuneleri mekanik testlere tabi tutmuştur. Eski ağaç malzemenin basınç ve eğilme dirençlerinin aynı veya biraz daha yüksek, şok direncinin ise yeni ahşaba göre biraz daha düşük olduğunu bildirmiştir.

3.9. Ahşap Yapılarda Tespit Edilen Böcek Tahribatı

Türk geleneksel konutlarının ahşap yapı elemanlarında böcek ve kurt etkisiyle meydana gelen bozulmaların yapı elemanlarının özelliklerini yitirmelerine neden olduğu gözlenmiştir (Perker, 2004). Özellikle gıda maddesi istekleri nedeniyle ağaç malzemeyi tercih eden böcek ve kurtların etkisiyle, yerleşke konutlarındaki ahşap yapı elemanlarının gözenekli bir hale geldikleri, kesitlerinin zayıfladığı ve taşıyıcılık özelliklerini yitirdikleri gözlenmiştir.

Tarihi ahşap yapılara ait numunelerdeki böcek ve kurtların etkisiyle meydana gelen tahribatı gösteren görüntülere ilişkin bulgular verilmiştir. Ahşap yapıların bulunduğu bölgenin aynı ılıman iklim koşullarına sahip olması durumu arız olan böceklerin benzerlik göstermesine neden olmuştur. Görsel muayene sonucunda böceklerin açtığı uçma delikleri, larva ve yumurta tünellerindeki görünümeler arasında tutarlılık olduğu belirlenmiştir.



Şekil 114. Zihni Evindeki ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı

Zihni Evine ait numunelerdeki böcek ve kurtların etkisiyle meydana gelen tahribatı gösteren görüntülere ilişkin bulgular Şekil 114'de verilmiştir. Böceklerin uçuş deliklerinin çapının büyük ve belirgin olduğu gözlemlenmiş, aynı zamanda böceklerin açtığı yenik yolları ve tahribatlar belirlenmiştir. Uçuş deliklerinin boyutu daire enine kesitli olması ve ögüntü tozlarının pütürlü ve kum gibi olması sebebiyle tahribatı yapan türün Anobidae familyasına ait tür olduğu tespit edilmiştir. Ahşap yapıların bulunduğu bölgenin aynı ılıman iklim koşullarına sahip olması durumu, arız olan böceklerin benzerlik göstermesine neden olmuştur. Görsel muayene sonucunda böceklerin açtığı uçuş delikleri, larva ve yumurta tünellerindeki görünüm arasında tutarlılık olduğu belirlenmiştir.



Şekil 115. Esat Evi ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı

Esat Evine ait numunelerdeki böcek ve kurtların etkisiyle meydana gelen tahribatı gösteren görüntülere ilişkin bulgular Şekil 115'te verilmiştir. Esat Evine ait numunelerdeki de Zihni Evindeki taşıyıcı elemanlarda olduğu gibi uçuş deliklerinin çapının büyük ve belirgin olduğu görülmekte aynı zamanda böceklerin açtığı yenik yolları ve tahribatın ahşap taşıyıcıda etkileri görülmektedir. Görsel muayene sonucunda böceklerin açtığı uçuş delikleri, larva ve yumurta tünellerindeki görünüm arasında tutarlılık olduğu

belirlenmiştir Uçma deliklerinin boyutu ve daire enine kesitli olması bununla birlikte öğüntü tozlarının pütürlü ve kum gibi olması sebebiyle tahribatı yapan türün Anobidae familyasına ait tür olduğu tespit edilmiştir. Ahşap yapıların bulunduğu bölgenin aynı ılıman iklim koşullarına sahip olması durumu arız olan böceklerin benzerlik göstermesine neden olmuştur.



Şekil 116. Aydoğan Evi ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı

Aydoğan Evine ait numunelerdeki böcek ve kurtların etkisiyle meydana gelen tahribatı gösteren görüntülere ilişkin bulgular Şekil 116'da verilmiştir. Ahşap yapıların bulunduğu bölgenin aynı ılıman iklim koşullarına sahip olması durumu arız olan böceklerin benzerlik göstermesine neden olmuştur. Görsel muayene sonucunda böceklerin açtığı uçma delikleri, larva ve yumurta tünellerindeki görünüşleri Anobidae familyasına ait türle tutarlılık olduğu belirlenmiştir.

Çetinkaya Evine ait numunelerdeki böcek ve kurtların etkisiyle meydana gelen tahribatı gösteren görüntülere ilişkin bulgular Şekil 117'de verilmiştir. Görsel muayene sonucunda böceklerin açtığı uçma delikleri, larva ve yumurta tünellerindeki görünüşler arasında tutarlılık olduğu belirlenmiştir. Ağaç malzemeye hasar veren iki türe ait tahripçi böcek olduğu belirlenmiştir. Bu türlerin Anobidae ve Lyctinae familyasına ait olan odun deliciler oldukları tespit edilmiştir.



Şekil 117. Çetinkaya Evine ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı

Gedik Konağı Serendere ait numunelerdeki böcek ve kurtların etkisiyle meydana gelen tahribatı gösteren görüntülere ilişkin bulgular Şekil 118'de verilmiştir. Taşıyıcı elemanlara arız olan böceklerin uçma deliklerinin belirgin olduğu aynı zamanda böceklerin açtığı yenik yolları ve tahribatları ile birlikte görülmektedir. Görsel muayene sonucunda böceklerin açtığı uçma delikleri, larva ve yumurta tünellerindeki görünüm arasında tutarlılık olduğu belirlenmiştir. Uçma deliklerinin çok küçük boyutlu daire enine kesitli ve ögüntü tozlarının ince ve pütürsüz olması sebebiyle tahribatı yapan türün *Lyctinae* familyasına ait odun delen böcek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 118. Gedik Konağı Serenderin ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı

Gedik Konağına ait numunelerdeki böcek ve kurtların etkisiyle meydana gelen tahribatı gösteren görüntülere ilişkin bulgular Şekil 119'da verilmiştir. Anobidae türünün çıkış delikleri 1,5 ila 3 mm çapında ve yuvarlaktır (Suomi ve Akre, 1992). Tünellerde ve çıkış deliklerinin dışında küçük yığınlar halinde gevşek bir şekilde bulunur. Tozları pudra gibi olmakla birlikte tanecikli his vermektedir. Bu hasar genellikle ahşap parçalanana kadar görülmemektedir. Erginlerin ahşaptan çıktığında, çıkış delikleri ve öğüntü tozları bırakmaktadır. Görsel muayene sonucunda böceklerin açtığı uçma delikleri, larva ve yumurta tünellerindeki görünüm Anobidae familyasına ait tür arasında tutarlılık olduğu belirlenmiştir. Uçma deliklerinin çok küçük boyutlu ve ergin çıkış deliklerinin daire enine kesitli olması sebebiyle tahribatı yapan türün Lyctinae familyasına ait odun delen böcek olduğu teşhis edilmiştir. Öğüntü tozları pudra gibi olup topaklanmaktadır.



Şekil 119. Gedik Konağı ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı

Biryol Evine ait taşıyıcı elemanlardaki böcek ve kurtların etkisiyle meydana gelen tahribatı gösteren görüntülere ilişkin bulgular Şekil 120'de verilmiştir. Biryol Evine ait odun numunelerinde böceklerin uçma deliklerinin belirgin olduğu görülmektedir. Görsel muayene

sonucunda böceklerin açtığı uçma delikleri, larva ve yumurta tünellerindeki görünümüler arasında tutarlılık olduğu belirlenmiştir. Böceklerin açtığı yenik yolları ve tahribatı birlikte görülmektedir. Uçma deliklerinin küçük boyutlu olması ve daire enine kesitli görünümülerı sebebiyle tahribatı yapan türün *Lyctinae* familyasına ait odun delen böcek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 120. Biryol Evi ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı

Melikoğlu Konağı Baba Evine ait taşıyıcı elemanlarda (Şekil 121) rutubet nedeniyle ileri derecede tahrip olan odun numunelerinde böceklerin açtığı tüneller ve uçma deliklerinin belirgin olduğu görülmektedir. Diğer görsellerde de böceklerin açtığı yenik yolları ve tahribatı birlikte görülmektedir. Ahşap yapıların bulunduğu bölgenin aynı ılıman iklim koşullarına sahip olması sebebiyle arız olan böcekler benzerlik göstermektedir. Görsel muayene sonucunda böceklerin açtığı uçma delikleri, larva ve yumurta tünellerindeki görünümülerin *Anobidae* familyasına ait türle tutarlılık sağladığı belirlenmiştir. Diğer taraftan uçma deliklerinin çok küçük boyutlu ve ergin çıkış deliklerinin daire enine kesitli olması sebebiyle tahribatı yapan bir diğer türün *Lyctinae* familyasına ait odun delen böcek olduğu teşhis edilmiştir. Öğüntü tozları pudra gibi olup topaklanmaktadır.



Şekil 121. Melikoğlu Konağı Baba Evi ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı

Melikoğlu Konağına ait taşıyıcı elemanlarda (Şekil 122) böceğin uçma delikleri ve ağaç malzemenin deforme olmuş yüzeyinden açtığı tüneller sonucu ağaç malzemedeki tahribatın belirgin şekilde olduğu gözlenmiştir. Şekil 122’de elde edilen bulgulara göre esmer çürüklük ve böcek tahribatı yapının taşıyıcı elemanlarında birlikte görülmektedir. Görsel muayene sonucunda böceklerin açtığı uçma delikleri, larva ve yumurta tünellerindeki görünüm arasında tutarlılık olduğu görülmüştür. Uçma deliklerinin boyutlarının küçük ve daire enine kesitli olması bununla birlikte çıkardıkları öğüntülerin pudra görünümlü olması sebebiyle ağaç malzemeye arız olan böcek türünün *Lyctinae* familyasına ait olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 122. Melikoğlu Konağı ahşap yapı elemanlarında tespit edilen böcek tahribatı

4. SONUÇLAR

“Rize-Fırtına Vadisinde Tarihi Ahşap Yapıların Restorasyonunda Öznel Dokuları Korumak Amacıyla Ağaç Malzemedeki Tahribat ve Kusurların Belirlenmesi” adlı bu tez çalışmasında Rize mevkiinde bulunan üç farklı çalışma sahasına ait toplamda dokuz tarihi ahşap yapı incelenmek üzere belirlenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda Rize’ye bağlı Pazar ve Çamlıhemşin ilçelerinde üç farklı yükseltide çalışma sahası belirlenmiş olup, araştırmaya dahil edilecek ahşap yapılar seçilmiştir. Bu çalışma sahalarından ilki Rize’nin Pazar ilçesinde bulunan Papatya köyünde; diğer ikisi ise Çamlıhemşin ilçesinde yer alan Konaklar ve Armağan Mahallelerinde yer almaktadır. Tarihi ahşap yapılardaki taşıyıcı elemanların yapısal özelliklerinin belirlemesi amacıyla ağaç malzemedeki tür teşhisi yapılmış olup görsel incelemeler (çürüklük, böcek, rutubet, UV etkisi) değerlendirilmiş ve not edilmiştir. Yapılarda belirlenen taşıyıcı ahşap elemanların tahribat ve kusurlarının yerinde test edilmesi amacıyla bu elemanlar tahribatsız testlerden delme direnci, stres-dalga ve vida tutma direnci testlerine tabi tutulmuştur. Bu testler aynı zamanda ağaç malzemenin mekanik özellikleri hakkında fikir sahibi olunmasını sağlamıştır. Tarihi yapılardan arta kalan ahşap parçalar fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla tahribatlı testlere tabi tutulmuştur. Tahribatlı ve tahribatsız test sonuçları birbiriyle karşılaştırılmıştır. Yapıların cephelerinde bulunan ve UV degradasyonuna vb. etkilere maruz kalan taşıyıcı elemanların yüzey kimyasını (selüloz, hemiselüloz, lignin) incelemek üzere FTIR analizleri yapılmıştır. Tez kapsamında yapılan incelemelere ilişkin elde edilen sonuçlar aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.1. Ağaç Türü ve Anatomik Özelliklere İlişkin Sonuçlar

- Mikroskobik incelemeler sonucunda, tarihi ahşap yapılar için kullanılan odun numunelerinin kestane ağacına ait olduğu doğrulanmıştır.
- Yaklaşık 150-250 yıllık hizmet ömürlerinden sonra tarihi ahşap yapıların anatomik yapısı incelendiğinde ilkbahar ve yaz odunlarının trahe çaplarında önemli farklılıklar meydana geldiği belirlenmiştir.

- ORTTTÇ bakımından Zihni Evine ait örnek gruplarında en düşük ortalama (78,70) elde edilirken, Melikoğlu Konağına ait örnek gruplarında en büyük (125,88) ortalama elde edilmiştir.
- ORTTTRÇ bakımından Aydoğan Evine ait örnek gruplarında en düşük (95,76) elde edilirken, Gedik Serendere ait örnek gruplarında ise en büyük (156,81) ortalama elde edilmiştir.
- İOTRÇ bakımından Zihni Evine ait örnek gruplarında en düşük (149,78) elde edilirken, Gedik Serendere ait örnek gruplarında en büyük (260,65) ortalama elde edilmiştir.
- ORTTTÇ, ORTTTRÇ ve İOTRÇ sonuçları bakımından kontrol numunesi, altı (Çetinkaya Evi, Melikoğlu Baba Evi, Esat Evi, Biryol Evi, Melikoğlu Konağı, Gedik Konağı) yapıyla benzerlik göstermiştir.

4.2. Tarihi Ahşap Yapıların Mevcut Durum Yapı Elemanlarının Performanslarına İlişkin Sonuçlar

Dış ortam koşullarının etkisine maruz kalan dokuz tarihi yapının taşıyıcı sistemini oluşturan ahşap taşıyıcı veya yapı elemanlarının genelinde UV degradasyonu ve dış hava etkilerine maruz kalan ağaç malzeme yüzeyinde erozyon, yarıma, çatlak ve biyolojik bozulmadan kaynaklı böcek ve mantarların sebep olduğu tahribat ve çürüklüklerin bulunduğu tespit edilmiştir. Tarihi ahşap yapıların taşıyıcı dikme ve kirişlerinde sesin geçme hızı, vida tutma direnci, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve makaslama modülü bakımından tahribatsız testlerle belirlenen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Melikoğlu Konağının yapım tekniğinde, zemin kat ahşap sistemin cephede oluşturduğu kare boşluklar (göz dolgu sistemi) taş dolgu ile ana kat ise ahşap yığma sistemi olan ahşap cephe kaplamasıyla yapılmıştır. Ses geçme hızı en düşük 3981 en yüksek 4240 m/s olarak tespit edilmiştir. Vida tutma direnci en düşük 0,51, en yüksek 2,07 kN ; dinamik elastikiyet modülü ise en düşük 5943 en yüksek 8968 MPa ; makaslama modülü en düşük 323 en yüksek 673 MPa ; eğilme direnci en düşük 16,14 en yüksek 69,11 MPa olarak tespit edilmiştir. Tarihi Konağın taşıyıcılarının TS EN 338 standardına göre çoğunluğu, D50 direnç sınıfında yer almıştır.
- Melikoğlu Konağı Baba Evi Serender görünümlü ev olmakla beraber, Serender örneklerine göre biraz daha kompleks bir yapıda inşa edilmiştir. Tarihi Evin bütün

cepheleri tamamen kapatılmıştır. Zemin kat ve üstü ahşap iskelet sistemiyle inşa edilmiş, bodrum katında yığma taş temel ayaklar kullanılmış olup, ev bu ayaklar üstüne yükseltilmiştir. Ses geçme hızı en düşük 3774, en yüksek 4500 m/s ; vida tutma direnci en düşük 0,91, en yüksek 2,70 kN ; dinamik elastikiyet modülü en düşük 5120, en yüksek 12181 MPa ; makaslama modülü en düşük 413, en yüksek 791 MPa eğilme direnci en düşük 29,85, en yüksek 90,52 MPa olarak tespit edilmiştir. Tarihi Evin taşıyıcılarının TS EN 338 standardına göre çoğunluğu, D70 direnç sınıfında yer almıştır.

- Biryol Evi yığma taş temel üzerine üst üste kütüklerin oturtulduğu ahşap yığma sistemlerinden kurtboğaz tekniğiyle yapılmıştır. Ağaç malzeme köşelerde birbirlerine kenetlenmek suretiyle oturtulmuştur. Ses geçme hızı en düşük 3539, en yüksek 4657m/s ; vida tutma direnci en düşük 0,90, en yüksek 2,32 kN ; dinamik elastikiyet modülü en düşük 5093, en yüksek 9631 MPa ; makaslama modülü en düşük 429, en yüksek 729 MPa ; eğilme direnci en düşük 22,35 ve en yüksek 73,63 MPa olarak tespit edilmiştir. Tarihi Evin taşıyıcılarının TS EN 338 standardına göre çoğunluğu, D70 direnç sınıfında yer almıştır. Bodrum katta bulunan 1B dikmesi D30 direnç sınıfına girdiğinden de risk altında bulunmaktadır.
- Çetinkaya Evi yığma taş temel üzerine üst üste ağaç malzemenin birbiri üzerinde geçmesiyle oluşturulmuş, ahşap yığma sistemle yapılmıştır. Binanın ön cephesinde görülen çıkma, ahşap dikmeler üzerine oturtulmuştur. Ses geçme hızı en düşük 3140, en yüksek 4743 m/s; vida tutma direnci en düşük 0,58, en yüksek 3,23 kN; dinamik elastikiyet modülü en düşük 2890, en yüksek 17222 MPa; makaslama modülü en düşük 339, en yüksek 900 MPa; eğilme direnci en düşük 21,16 ve en yüksek 108,44 MPa olarak tespit edilmiştir. Tarihi evin taşıyıcılarının TS EN 338 standardına göre çoğunluğu, D70 direnç sınıfında yer almıştır. Tarihi Evin kuzey cephesinde bulunan 8 numaralı ve güney cephesinde bulunan 2 ve 3 numaralı ahşap kirişlerin TS EN 338 standardına göre minimum direnç değerlerini taşımadığı tespit edilmiştir.
- Gedik Konağında diğer ahşap yapılarda olduğu gibi ahşap yığma sistem moloz taşların üzerinde yükseltilmiştir. Cephelerde görünen kurtboğaz tekniği ahşap yığma tekniğini destekleyici olarak kullanılmıştır. Ses geçme hızı en düşük 3374, en yüksek 4367 m/s; vida tutma direnci en düşük 1,93 en yüksek 3,21 kN; dinamik elastikiyet modülü en düşük 6391, en yüksek 14695 MPa; makaslama modülü en düşük 642, en yüksek 929 MPa; eğilme direnci en düşük 64,57 en yüksek 108,03 MPa olarak tespit

edilmiştir. Tarihi Konağın taşıyıcılarının TS EN 338 standardına göre çoğunluğu, D70 direnç sınıfında yer almıştır.

- Gedik Konağı Serender ahşap karkas ve ahşap yığma tekniğinin birlikte kullanımından oluşmuştur. Zemindeki yastık taşlarının üzerine köşeleri yarım geçme ile birleşen serender yerleştirilmiştir. Direkler üzerine kurulan serenderin alt kısmının tamamıyla boş bırakılmıştır. Ses geçme hızı en düşük 3514, en yüksek 4270 m/s; vida tutma direnci en düşük 0,92 en yüksek 2,19 kN; dinamik elastikiyet modülü en düşük 5372, en yüksek 9994 MPa; makaslama modülü en düşük 416, en yüksek 700 MPa; eğilme direnci en düşük 30,26 en yüksek 73,22 MPa olarak tespit edilmiştir. Tarihi Konağın taşıyıcılarının TS EN 338 standardına göre çoğunluğu, D30 direnç sınıfında yer almıştır. Doğu cephesine ait 9 numaralı taşıyıcı eleman (30,26 MPa) D30 direnç sınıfına girmiş olsa da risk altında bulunmaktadır.
- Aydoğan Evi geleneksel ev mimarisine biçim veren duvar tekniklerinden ahşap çatma yapı sistemine göre inşa edilmiştir. Binanın yığma beden duvarlarının üstünde ahşap çatma ve taş dolgu strüktür yükselmektedir. Ahşap bağlantıların çapraz olup, üçgen kesitlerin ortaya çıktığı muskalı dolma yapım tekniğiyle yapılmıştır. Ses geçme hızı en düşük 3643, en yüksek 4308 m/s; vida tutma direnci en düşük 1,36 en yüksek 3,57 kN; dinamik elastikiyet modülü en düşük 1169, en yüksek 12151 MPa; makaslama modülü en düşük 514 en yüksek 1009 MPa; eğilme direnci en düşük 53,54, en yüksek 120,05 MPa olarak tespit edilmiştir. Tarihi Konağın taşıyıcılarının TS EN 338 standardına göre çoğunluğu, D70 direnç sınıfında yer almıştır.
- Zihni Evinde kurtboğaz ahşap geçme yöntemi kullanılmış olup, ahşap yığma sistemle oluşturulmuştur. Kurtboğaz tekniğinin uygulanabilmesi için işlenmiş keresteler kullanılmıştır. Ahşap yapının bodrum katı yığma taş temel olarak yapılmış üzerine ahşap sistem oturtulmuştur. Ses geçme hızı en düşük 3658, en yüksek 4878 m/s; vida tutma direnci en düşük 0,86 en yüksek 1,74 kN; dinamik elastikiyet modülü en düşük 5529, en yüksek 10077 MPa; makaslama modülü en düşük 402, en yüksek 599 MPa; eğilme direnci en düşük 28,12, en yüksek 57,95 MPa olarak tespit edilmiştir. D30 direnç sınıfına giren ahşap taşıyıcılar, yapıda incelenen bütün taşıyıcıların %30'luğunu oluştursa da bu değerlerin aslında D40 direnç sınıfına yakın değerler olduğu belirlenmiştir. Güney cephesinde 6 numaralı kirişin minimum direnç değerleri taşımadığı tespit edilmiştir.

- Esat Evi ahşap çatma olarak adlandırılan yapı sistemi ile yapılmıştır. Ana yük temel duvarlarına ileten taşıyıcı elemanların, ahşap yığma sistemin tersine düşey olarak kullanılmıştır. Yapının bölmelere isabet eden yerlerinde geçme detayını çözebilmek için de kare kesitlere yer verilmiş ve ortaya çıkan kare biçimli formlarla göz dolması yapım tekniği uygulanmıştır. Ses geçme hızı en düşük 3418, en yüksek 4687 m/s; vida tutma direnci en düşük 0,60 en yüksek 1,84 kN; dinamik elastikiyet modülü en düşük 3964, en yüksek 10035 MPa; makaslama modülü en düşük 344, en yüksek 622 MPa; eğilme direnci en düşük 19,33, en yüksek 61,41 MPa olarak tespit edilmiştir. Yapıda incelenen taşıyıcıların çoğunluğunun D30 direnç sınıfında olduğu, güney cephesine ait 13 numaralı taşıyıcı elemanın TS EN 338 standardında belirtilen minimum direnç değerinin altında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca güney cephesinde ölçümü yapılan kiriş ve dikmelerin tamamının D30 direnç sınıfına girmesine rağmen, risk altında olduğu tespit edilmiştir.
- Taşıyıcı ahşap elemanların vida tutma direnci, makaslama modülü, MOR ve yoğunluk değerleri bakımından ahşap yapılar kendi aralarında değerlendirildiğinde en yüksek değer Gedik Konağından elde edilirken en düşük değer Esat Evinden elde edilmiştir. MOE değerlerinde ise en düşük değer Gedik Konağı Serenderden elde edilirken, en yüksek değer Gedik Konağından elde edilmiştir.
- Ahşap yapıların cephelerindeki taşıyıcı elemanlarında ölçülen MOE değerlerinin cepheler bazında farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Dokuz tarihi ahşap yapıda ölçülen taşıyıcı elemanların vida tutma, makaslama modülü, MOR, yoğunluk değerlerinin cepheler üzerinde etkisi kısmen olmuştur. Güney, kuzey cepheleri ve bodrum katından ölçülen direnç değerleri birbiriyle benzerlik gösterse de doğu cephesinden benzerlik göstermeyen sonuçlar elde edilmiştir. Batı cephesinin ise diğer cephelerle uyumlu olduğu görülmektedir. Doğu cephesinin taşıyıcı elemanlarının direnç değerlerinin diğer cephelerden elde edilen direnç değerlerine kıyasla yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Rezistograf cihazı ile gerçekleştirilen, ahşap yapıların taşıyıcı dikme/kirişlerindeki iç kusurları belirlemek amacıyla yapılan delme direnci test sonuçlarına göre, yapıların tümünde uygulanan delme direnci testinden alınan rezistograf profillerinde ağaç malzemelerde genel itibarıyla çürümüş bölgeler, böcek zararı, boşluklar, çatlaklar olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı dirençte meydana gelen düşüşler ortaya konmuştur.

4.3. Ahşap Yapılardan Alınan Numunelerin FTIR Spektroskopisine İlişkin Sonuçlar

FTIR spektroskopisi ile analizi yapılan, tarihi ahşap yapıların cephelerindeki ağaç malzeme yüzeyinin UV ışınına veya çevresel etkilere maruz kalan dış veya maruz kalmayan iç yüzeyine ne derece etki ettiğine dair sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar özetlenirse:

- FTIR analizleri, yapı malzemelerinin yüzey kimyasında değişiklikler olduğunu ve ana bileşenlerde bozulmalar olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle, yapıların güney cephelerinden alınan örneklerde daha fazla bozulma gözlemlenmiştir. UV ışığı cephe elemanının dış yüzeyindeki ligninin yapısını değiştirmiş ve cephe elemanlarının yüzeyi kararmıştır. 1232 cm^{-1} ve 1368 cm^{-1} dalga boylarında tespit edilen pikler, selüloz ve hemiselülozdaki C-H deformasyonunu ve OH gruplarını temsil etmektedir. Bu piklerin UV ışınlarına maruz kalan yüzeylerde daha düşük olduğu belirlenmiş, bu da selülozun bir miktar bozulmaya uğradığına işaret etmektedir. Hemiselülozda meydana gelen bozulma, 1733 cm^{-1} 'deki pikin düşük olmasıyla belirlenmiştir. Bu pik, UV ışığına maruz kalmış yüzeylerde daha az belirgindir, hemiselülozların UV ışığından etkilendiğini ve bu etkiyle parçalandığını göstermektedir.
- Karbonil indeksi (C.I.) ve lignin indeksi (L.I.) değerleri, malzemenin bozulma oranını değerlendirmede kullanılmıştır. Kontrol örneklerine kıyasla, tarihi yapıların dış yüzeylerinden alınan örneklerde bu indekslerin düşük olduğu görülmüş, bu durumun selülozun amorf içeriğinin ve ligninin tahribata uğramasından kaynaklı olduğu ifade edilmiştir.

4.4. Ahşap Yapılardan Alınan Numunelerin Kimyasal Yapısına İlişkin Sonuçlar

- Tarihi yapılardan alınan numunelere uygulanan alkol benzen çözünürlüğü sonuçları kontrol kestane numunesine kıyasla daha düşük çıkmıştır. Kontrol örneklerine kıyasla düşük olması, tarihi ahşap numunelerindeki ekstraktif maddelerin zamanla azaldığını göstermektedir. Bu durumun oluşması, dış ortam koşullarına uzun süreli maruz kalmanın bir sonucu olarak da ortaya çıkabilmektedir.
- %1'lik NaOH çözünürlüğünün tüm yapılardan alınan numunelere göre kontrol örneklerinden daha yüksek olması, odunun biyotik bozulmaya uğraması sonucu

parçalanma ürünlerinin arttığını ve bu da özellikle esmer çürüklükte %1 NaOH çözünürlüğünün artmasına neden olduğunu ortaya koymaktadır. Esat Evinden alınan numuneler kontrole yakın oranlarda çıkmış olsa da diğer tarihi yapılardan alınan numunelerin %1 NaOH çözünürlük oranları yüksek bulunmuştur.

- Lignin oranlarında tespit edilen farklılıklar, yapıların farklı koruma durumlarını ve malzeme bileşenlerinin bozulma seviyelerini yansıtmaktadır. En yüksek lignin oranı Gedik Konağı Serenderden alınan örneklerde (%31,09) bulunurken, en düşük lignin oranı Melikoğlu Konağı Baba Evinden alınan örneklerde (%23,72) tespit edilmiştir. Selüloz oranları, kontrol örneklerine göre genel olarak daha yüksek çıkmıştır. En yüksek selüloz oranı Melikoğlu Konağı Baba Evinden alınan örneklerde (%45,10), en düşük oran ise Esat Evinden alınan örneklerde (%37,62) bulunmuştur. Hemiselüloz oranları, en yüksek Gedik Evinden (%37,97) ve en düşük Çetinkaya Evinden (%24,97) alınan örneklerde tespit edilmiştir. Yıllar içerisinde ağaç malzemede bulunan tanenler gibi ekstraktif maddelerin çevresel faktörler nedeniyle ahşaptan uzaklaşması, selüloz ve hemiselüloz oranlarında göreceli artışa neden olmuştur.

4.5. Ahşap Yapılardan Alınan Numunelerin Fiziksel Yapısına İlişkin Sonuçlar

- Esat ve Çetinkaya evlerinden alınan numunelerin yoğunluk değerleri sırasıyla 0,69 g/cm³ ve 0,70 g/cm³ olarak tespit edilmiş ve bu değerler kontrol keşanesi odununun yoğunluk değerinden daha yüksek bulunmuştur. Numunelerdeki hizmet ömrü (yaş) kütle kaybının belirlenmesinde her zaman için doğru bir gösterge olmayabilir. Tarihi odun bazı durumlarda kontrol numunesine göre daha yüksek yoğunluk değerine sahip olabilmektedir. Bu sonuçlar, kullanılan kestane ağacının doğal dayanıklılığı ve yeterli mukavemeti sayesinde yüksek yoğunluk değerlerine ulaşabildiğini göstermektedir.
- Biryol Evinden alınan numunelerde ise 0,40 g/cm³ ile en düşük yoğunluk değeri ölçülmüş, bu durum malzemenin daha az dayanıklı olabileceğine veya zamanla oluşmuş yapısal direnç kayıplarına işaret etmektedir.
- Kontrol numunesinin su alma oranı %16,86 ile %107,24 arasında bulunmuş olup, Aydoğan Evi, Zihni Evi, Esat Evi, Çetinkaya Evi, Gedik Konağı Serender ve

Melikoğlu Konağından alınan örneklerin su alma oranlarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

- Kontrol numunelerinin su alma oranı Melikoğlu Konağı Baba Evi ve Biryol Evinden alınan örneklerin su alma oranlarına kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Eski ağaç malzemelerdeki selülozun kristal zonların deforme olması nedeniyle ağaç malzemelerin daha fazla su almasına neden olabileceği düşünülmektedir.

4.6. Ahşap Yapılardan Alınan Numunelerin Mekanik Yapısına İlişkin Sonuçlar

- Tarihi yapılardan alınan numunelerin MOR değerleri, kontrol numunesine kıyasla genel anlamda daha düşük çıkmasına karşılık, MOE değerleri kontrol numunesine kıyasla daha yüksek sonuçlar vermiştir. MOE değeri en yüksek (10336,6 MPa) Gedik Konağından alınıp incelenen numunelerde elde edilirken, en düşük (6676,96 MPa) Gedik Konağı Serenderden alınıp incelenen örneklerde tespit edilmiştir. MOR sonuçlarına göre Gedik Konağında en yüksek değer 83,16 MPa olarak, Esat Evinden ise en düşük değer 40,71 MPa olarak hesaplanmıştır. Melikoğlu Konağı Baba Evinden alınan numunelerin basınç direnci en düşük (36,43 N/mm²), Gedik Konağı Serenderden alınan numunelerde ise en yüksek (59,23 N/mm²) olduğu belirlenmiştir. Kontrol numunesinin basınç direnci ise, çalışma kapsamında incelenen tarihi yapılardan alınan numunelerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Şok direnci testleri sonuçlarına göre, tarihi yapılara ait numunelerin şok direnci en düşük 0,23 N/mm² ve en yüksek 0,48 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Kontrol numunesinin şok direnci (0,49 N/mm²) ise, Gedik Konağı haricindeki diğer tüm örneklerden daha yüksek bulunmuştur.

4.7. Böcek Tür Teşhisine İlişkin Sonuçlar

- Ağaç malzemeyi tercih eden böcek ve kurtların etkisiyle, tarihi yapılardaki, ahşap yapı elemanları gözenekli hale gelmiş, özelliklerini kısmen veya tamamen kaybetmiş ve bozulmuştur. Ahşap yapıların bulunduğu bölgenin aynı ılıman iklim koşullarına sahip olması durumu, arız olan böceklerin yapılarda benzerlik göstermesinde etkili olmuştur. Yapıların taşıyıcı elemanlarında belirlenen uçma deliklerinin çapı, böceklerin açtıkları yenik yolları, öğüntüler ve tahribatlar belirlenmiştir.

Melikoğlu Konağı, Biryol Evi ve Gedik Serender Lyctinae ; Melikoğlu Konağı Baba Evi, Gedik Konağı ve Çetinkaya Evi Lyctinae , Anobidae ; Esat Evi , Zihni Evi ve Aydoğan Evi Anobidae familyasına ait odun delici böcek türlerinin olduğu tespit edilmiştir



5. ÖNERİLER

Çalışma kapsamında, dokuz tarihi ahşap yapının, yapım sistemi özellikleri, taşıyıcı elemanların ve ahşap malzemenin mevcut durumu, performansı üzerinde detaylı incelemeler yapılmıştır. Tarihi yapılar üzerindeki sorunlar ortaya konmuştur. Bu bağlamda geleneksel ahşap yapıların korunması ve varlıklarını özgün haliyle devam ettirebilmelerine yönelik öneriler aşağıda sunulmuştur.

Geleneksel ahşap yapı restorasyonu, yapının korunması suretiyle hizmet ömrünün uzatılması, yaşama uygun hale getirilmesi ve bunları yaparken özgünlüğünü kaybetmeden kültür mirası varlığını sürdürebilmesi gibi ilkeleri kapsamaktadır. Ahşap strüktürün restorasyon esnasında en yüksek düzeyde muhafaza edilmesi de ayrıca önem taşımaktadır. Restorasyon çalışmalarında kullanılan malzemelerin, tarihi ahşap yapılar ile uyumlu olması sağlanarak, yapıların tarihi dokusunun korunması hedeflenmelidir. Özellikle kullanılan yeni ahşap malzemelerin, tarihi yapıların orijinal ağaç türleri mümkünse aynı tür ağaç türleriyle aynı olmasına, mümkün olmadığı durumlarda benzer özelliklere sahip ağaç türleri olmasına özen gösterilmelidir.

Ahşap evlerin bozulma sürecine girmeden bakım ve onarımlarının rutin işlemler kapsamında yapılması ahşap strüktürün korunması için en sağlıklı koruma biçimi olarak değerlendirilebilir. Ağaç malzemenin korunması amacıyla, öncelikle problemin önüne geçilmesi ve tahribata uğrayan malzemeden başlanarak yapısal koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir. Bu anlamda sadece geleneksel yöntemlerden değil çağdaş yöntemlerden de faydalanılması izlenmesi gereken yolu oluşturmalıdır. Yapının korunması için sağlamlaştırılması temel müdahale yöntemlerinin başında gelmektedir. Ahşap yapının suyla teması tamamen ortadan kaldırılmalı veya mümkün düzeyde en aza indirilmelidir. Tarihi ahşap malzemelerdeki su alma oranları ve bunların çevresel koşullardaki değişimleri göz önünde bulundurularak, bu yapıların daha iyi korunması için rutubet kontrolü ve su yalıtımı önlemleri alınmalıdır. Su genellikle, yapının zemininden, cephe veya bozulmuş çatı kaplamasından, su ve tesisat borularından, ağaç malzemenin birbirine geçme yerlerinin açılmasından malzemeye geçebilmektedir. Bu nedenle, alınabilecek önlemler arasında, rutubetin azaltılması amacıyla yapıda hava akımının sağlanması, çatı kaplamasının onarımı veya oluklardaki hasarın giderilmesi, su tesisatının onarılması ve rutin bakımı, zeminden gelen rutubetin önlenmesi, yapının toprakla bağlantısının kesilmesi, cephe malzemesinin

veya kaplamasının onarımı ve rutin bakımı yer almaktadır. Çatılarda, kiremit altı kaplama tahtası üstüne su geçirmez yalıtım malzemesi döşenmesi gerekmektedir. Kiremitler düzgün yerleştirildiği takdirde rüzgarla hareketi kısıtlanmaktadır. Çatıda su almaya elverişli olan saçakların onarımı ve yalıtımı koruma önerilerinde yer almaktadır.

Tarihi ahşap yapıların restorasyonu ve korunması sırasında, yapı malzemelerinin anatomik ve mekanik özellikleri detaylı bir şekilde incelenmelidir. Bu, özellikle yapısal bütünlüğü etkileyebilecek çürüklük ve böcek tahribatı gibi faktörlerin belirlenmesinde etkili olmaktadır. Böcek ve mantar tahribatı tespit edilen ahşap yapı elemanları, mümkünse korunmalı veya uygun onarım yöntemleri ile restorasyonları yapılmalıdır. Bu tür tahribatlar ileri dönemde yapısal hasarlara zemin hazırlayabilmektedir. Restorasyon projelerinde, tarihi ahşap yapıların orijinal malzeme özelliklerine uygun teknikler ve malzemeler kullanılmalıdır. Bu durum elastikiyet modülü ve mekanik direnç değerleri açısından önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında, tarihi ahşap yapıların değerlendirilmesinde tahribatsız test yöntemlerinin önemi vurgulanmıştır. Bu tür yapıların denetim ve bakımında tahribatsız testlerin ahşap bütünlüğünün korunmasında ve tahribatlarının erken teşhis edilmesinde standart bir uygulama olarak kullanılabilir bir yöntem olduğu belirlenmiştir. Bu tekniklerin doğru bir şekilde uygulanmasının sağlanması hususunda uzman kişilerin bilgi ve desteğinden faydalanılması büyük önem arz etmektedir.

Koruma kurulları bulundukları bölgelerde mimari özellikler doğrultusunda genel ilkeleri içeren yönetmelikleri oluşturup uygulanması mümkün kararlar almalıdır. Örneğin, Rize ve çevresinde bulunan tarihi ahşap yapıların korunması için bölgesel iklim koşulları ve çevresel faktörler dikkate alınarak özel koruma ve bakım stratejileri geliştirilmelidir. Koruma kararlarının alınmasına rağmen finansal kısıtlar evlerin yıkılmaya terk edilmesine neden olmaktadır. Tescilli eve sahip olan ev sahipleri bu tescilin kaldırılması ve Evin yeniden yapılmasını talep etmektedir. Yıkmadan korumanın sağlanması için halkın bilinçlendirilmesi ve özendirici teşviklerin verilmesi gerekmektedir .

Tarihi ahşap yapıların uzun ömürlü olmasını sağlamak için kapsamlı koruma kılavuzlarının oluşturulması gerekmektedir. Bu kılavuz, ağaç malzemenin bozulmasına katkıda bulunan hem biyotik hem de abiyotik faktörlerin ele alınmasına yönelik stratejileri içermelidir. Böcek ve mantar istilasıyla mücadele stratejilerinin yanı sıra UV degradasyonu ve ağaç malzemenin rutubetten uzak tutulması için gereken tedbirleri içermesi ayrıca bu yapılar üzerinde çalışan mimar, mühendis ve koruma uzmanları tarafından kılavuza

kolaylıkla erişilebilir olması gerekmektedir. Kılavuz bu anlamda yapılacak uygulamalar için bir referans niteliği taşıyacaktır.

Tarihi ahşap yapıların restorasyon ve bakımında sürdürülebilir malzeme ve tekniklerin kullanılması bu yapıların uzun vadede ayakta kalmasına katkı sağlayacaktır. Restorasyon kapsamında uygun ağaç türünün seçiminde yenilikçi çözümleri keşfetmek için disiplinlerarası bir çalışmanın yapılması önerilmektedir. Bu yaklaşıma göre, Orman Endüstri Mühendisleri, Mimarlar, İnşaat Mühendisleri ve toplum paydaşlarının bu yapıların karşılaştığı sorunları ele almak için bir araya gelerek bilgi alışverişinde bulunmaları gerekmektedir. Ayrıca restorasyon teknikleri gibi alanlardaki uzmanlıkları da bir araya getirmelidir. Bu tür bir yaklaşım, tarihi yapıların koruma stratejilerinin geliştirilmesini ve gelecek nesillere aktarılmasını sağlayacaktır.

Tarihi ahşap yapılara ait veri tabanlarının oluşturulması halinde koruma çalışmaları sırasında bilinçli ve doğru karar verilmesini kolaylaştıracaktır. Ayrıca, araştırmacıların ve halkın erişimine açık dijital arşivlerin oluşturulması, bu yapılar ve tarihi önemleri hakkındaki bilginin yayılmasına katkıda bulunabilir. Koruma ve restorasyon çalışmaları genellikle önemli maliyetleri beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, finansal mekanizmalar için ortaklık kurmak önemlidir. Bu fonlar araştırma ve koruma projelerinin gerçekleştirilmesinde kullanılabilir. Özel mülk sahiplerini tarihi ahşap yapıların korunması veya restorasyonuna teşvik etmek için mali destek fonları oluşturulmalıdır. Tarihi ahşap yapıların koruma çalışmaları restorasyon tamamlandıktan sonra sona ermemeli, sürekli olarak izlenmeli, zaman içinde durumlarında meydana gelen değişiklikleri tespit edilmelidir. Ağaç malzemenin taşıyıcı elemanlarının ya da malzemenin görsel periyodik bakımı ve/veya düzenli yapılacak tahribatsız testlerle muayene edilmesi uzun vadeli bir plan dahilinde yürütülmelidir. UNESCO- ICOMOS gibi kuruluşların önerileri, yönergeleri, standartları ve kuralları dikkatte alınmalı ve kültürel varlıkların korunmasını amaçlayan ilkelerden kopuk kararların alınmamasına özen gösterilmelidir. Uluslararası iş birliği ve bilgi paylaşımı için ortak araştırma projelerine katılmak, en iyi uygulamaları paylaşmak ve diğer ülkelerin deneyimlerinden faydalanmak hem koruma çabalarını zenginleştirebilir hem de küresel mirasa katkı sağlayabilir.

Sonuç olarak, burada sunulan öneriler, tarihi ahşap yapılar ve bunların koruma ihtiyaçları üzerine yapılan kapsamlı bir araştırmanın sonucunu içermektedir. Bu tezle yürütülen kapsamlı çalışmanın sonuçları tarihi ahşap yapılara ilişkin anlayışımızı zenginleştirmekle birlikte, bu yapıların korunması ve sürdürülebilir kullanımı için bir yol

haritası sunmaktadır. Burada bahsetmiş olduğumuz öneriler, ahşap mimarisinin sürekli korunması ve sürdürülebilir kullanımı için bir temel oluşturmayı amaçlamıştır. Tarihi ahşap yapıların geleceği toplumsal bir bilinç olmalı ve onların mirasını korumak bütün toplum kesimlerinin ortak görevi olmalıdır.



6. KAYNAKLAR

- Acuña, L., Basterra, L. A., Casado, M. M., López, G., Ramón-Cueto, G., Relea, E. & González, A., (2011). Application of resistograph to obtain the density and to differentiate wood species. *Materiales de Construcción*, 61(303), 451-464.
- Akbarnezhad, M., Rasouli, D., Yousefi, H., & Mashkour, M., (2020). Weath Ering Performance of Beech Wood Coated with Acrylic Paint Containing UV Stabilizers of Dihydroxy Benzophenone and Nano Zinc Oxide. *Drvna industrija*, 71(4), 403-409.
- Akdemir, M. Z. & Korkmaz, E., (2010). “Geleneksel Konut Dokularında Malzemenin Çatı ve Cephe Kuruluşuna Etkileri: Batı Karadeniz Bölgesi Örneği”, *5.Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, İzmir.
- Ali, M., (2021). Evaluation of the Disparity Effect in the Amounts of Weathering Agents on the Archaeological Pine Wood “Pinus sp.”. *Archaeological Discovery*, 9, 135-150. <https://doi.org/10.4236/ad.2021.92007>.
- Anagnostopoulou, V. & Pournou, A., (2013). Correlating visual grading with NTD methods for assessing timber condition in historic buildings. *Advanced Materials Research*, 778, 273-280.
- Andrady AL, Pegram JE & Tropsha Y., (1993). Changes in carbonyl index and average molecular weight on embrittlement of enhanced-photodegradable polyethylenes. *Journal of Polymers and the Environment* 1(3): 171–179.
- Aumen, N. G., Bottomley, P. J., Ward, G. M., & Gregory, S. V., (1983). Microbial decomposition of wood in streams: distribution of microflora and factors affecting [14C] lignocellulose mineralization. *Applied and environmental microbiology*, 46(6), 1409-1416.
- Atwa, D. M., Ibrahim, S., Stani, C., Birarda, G., Ali, N., Abdullah, E., ... & Soliman, W., 2022. Biodeterioration Assessment of a Unique Old Pharaonic Kingdom Wooden Statue Using Advanced Diagnostic Techniques. *Applied Sciences*, 12(14), 7
- Baietto, M. & Wilson, A. D., (2010). Relative in vitro wood decay resistance of sapwood from landscape trees of southern temperate regions. *HortScience*, 45(3), 401-408.
- Baker, J. (2013). Chestnut brown bark beetle: NC State Extension Publications. Chestnut Brown Bark Beetle | NC State Extension Publications. Retrieved April 20, 2022, from <https://content.ces.ncsu.edu/chestnut-brown-bark-beetle>.
- Banks, W. B., (1970). Some factors affecting the permeability of Scots Pine and Norway Spruce. *Journal of the Institute of Wood Science*, (25), 10-7.

- Bari, E., Daniel, G., Yilgor, N., Kim, J. S., Tajick-Ghanbary, M. A., Singh, A. P., & Ribera, J. , (2020). Comparison of the decay behavior of two white-rot fungi in relation to wood type and exposure conditions. *Microorganisms*, 8(12), 1931.
- Batur, A., (2004). Gelişmiş ahşap yapım sistemleri ve Türkiye koşulları yönünden değerlendirilmesi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yükske Lisans Tezi, Gebze.
- Bektas, I., Alma, M.H. & As, N., (2005). The effect of 120 years of service on various physical and mechanical properties of Scots pine wood used as roof beam. *Wood Res-Slovakia*, 50(1), pp.27-32.
- Berkel, A., (1972), Ağaç Malzeme Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, Cilt II, İstanbul
- Björda, C. G., Nilsson, T. & Daniel, G., (1999). ‘‘Microbial decay of waterlogged archaeological wood found in Sweden applicable to archaeology and conservation’’. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 43(1), 63-73.
- Binan, M., (1995a). Ahşap Pencere, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- Binan, M., (1995b). Ahşap Kapılar ve Metal Tamamlayıcı Elemanlar, Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul.
- Blanchette, R.A., Nilsson, T., Daniel, G., & Abad, A., (1990). Biological Degradation of Wood in Archeological Wood: Properties, Chemistry and Preservation, in R.M. Rowell and R.J. Barbour (eds) *Advances in Chemistry Series 225*, American Chemical Society, Washington, USA, 141-174.
- Blanchette, R. A., Held, B. W., Jurgens, J. A., McNew, D. L., Harrington, T. C., Duncan, S. M., & Farrell, R. L., (2004). Wood-destroying soft rot fungi in the historic expedition huts of Antarctica. *Applied and Environmental Microbiology*, 70(3), 1328-1335.
- Blanchette, R. A., Held, B. W., Jurgens, J., Stear, A. & Dupont, C., (2021). Fungi attacking historic wood of Fort Conger and the Peary Huts in the High Arctic. *PLoS One*, 16(1), e0246049.
- Brancher, L. & Baillères, H., (2002). Natural vibration analysis of clear wooden beams: a theoretical review. *Wood Science and Technology*, 36(4), 347-365.
- Brunetti, M., Aminti, G., Vicario, M., & Nocetti, M., (2023). Density Estimation by Drilling Resistance Technique to Determine the Dynamic Modulus of Elasticity of Wooden Members in Historic Structures. *Forests*, 14(6), 1107.
- Bozkurt Y. & Erdin N, (1995). İğne Yapraklı ve Yapraklı Ağaç Odunlarında Tanım Özellikleri, İÜ, Orman Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No:3907. İstanbul.
- Bozkurt Y & Erdin N, (1997). Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın no:445, S: 136 ve 336, İstanbul.

- Bozkurt, Y., Göker, Y. & Erdin, N., (1987). *Emprenye Teknigi*, İstanbul Üniversitesi Yayını, Yayın No:3779, İstanbul.
- Bucur, V., (1995). Wood acoustic characterization by ultrasound. In 1995 IEEE Ultrasonics Symposium. Proceedings. An International Symposium (Vol. 1, pp. 615-623). IEEE.
- Bucur, V., (2003). *Nondestructive characterization and imaging of wood*. Springer Science & Business Media.
- Bucur, V., (2006). Theory of and experimental methods for the acoustic characterization of wood. *Acoustics of wood*, 39-104.
- Cai, Z.; Hunt, M. O.; Ross, R. J. & Soltis, L.A., (2003). Screw withdrawal : a means to evaluate densities of in-situ wood members. *Proceedings of the 13th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood : August 19-21, 2002, University of California, Berkeley Campus California, USA. Madison, WI : Forest Products Society, 2003: Pages 277-281.*
- Calderoni, C., De Matteis, G., Giubileo, C., & Mazzolani & F. M., (2010). Experimental correlations between destructive and non-destructive tests on ancient timber elements. *Engineering Structures*, 32(2), 442-448.
- Calienzo, L., Lo Monaco, A., Pelosi, C. & Picchio, R., (2014). Colour and chemical changes on photodegraded beech wood with or without red heartwood. *Wood science and technology*, 48(6), pp.1167-1180.
- Cândido, A. & Henriques, D. F., (2017). Inspection and diagnosis of timber structures by non-destructive methods. In 9th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin–MONUBASIN (pp. 469-480). Middle East Technical University.
- Cavallaro, G., Lazzara, G., Milioto, S., Parisi, F. & Ruisi, F., (2017). Nanocomposites based on esterified colophony and halloysite clay nanotubes as consolidants for waterlogged archaeological woods. *Cellulose*, 24, 3367-3376.
- Cavallaro G, Milioto S, Parisi F. & Lazzara G, (2018). Halloysite nanotubes loaded with calcium hydroxide: alkaline fillers for the deacidification of waterlogged archeological woods. *ACS Appl Mater Interfaces* 10:27355–27364
- Ceccotti A. & Togni M., (1996). “NDT on ancient timber beams: assessment of strength/stiffness properties combining visual and instrumental methods”. 10th International Symposium of Nondestructive Testing of Wood. Lausanne, pp 379–388
- Ceraldi C, Mormone V. & Ermolli Er, 2001. Resistographic inspection of ancient timber structures for the evaluation of mechanical characteristics. *Materials and Structures*, 34(1): 59-64

- Chang, L. H., Chang, X. H., Chang, H., Qian, W., Cheng, L. T., & Han, X. L., (2019). Nondestructive testing on ancient wooden components based on Shapley value. *Advances in Materials Science and Engineering*.
- Chen, Y. & Guo, W., (2017). Nondestructive evaluation and reliability analysis for determining the mechanical properties of old wood of ancient timber structure. *BioResources*, 12(2), pp.2310-2325.
- Croitoru, C. & Roata, I. C. (2020). Ionic liquids as antifungal agents for wood preservation. *Molecules*, 25(18), 4289.
- Çalışkan, Ö., Meriç, E. & Yüncüler, M., (2019). Ahşap ve ahşap yapıların dünü, bugünü ve yarını. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), pp.109-118.
- Çobanoğlu, T., (1998). Türkiye’de Ahşap Ev’in Bölgelere Göre Yapısal Olarak incelenmesi ve Restorasyonlarında Yöntem Önerileri , Doktora Tezi, M.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dackermann, U., Crews, K., Kasal, B., Li, J., Riggio, M., Rinn, F. & Tannert, T., (2014). In situ assessment of structural timber using stress-wave measurements. *Materials and structures*, 47, 787-803.
- D’Ayala, D., Branco, J. M., Riggio, M., Harte, A., Kurz, J. & Descamps, T., (2014). Assessment, reinforcement and monitoring of timber structures: FPS Cost Action FP1101. World Conference on Timber Engineering (WCTE).
- Desch, H. & Dinwoodie, J., (1996). Timber structure, properties, conversion and use 7th edition. Houndmills: MACMILLAN PRESS LTD.
- Divos F., (2005), Course in Non Destructive Testing of Wood, Evaluation of Single Members In Historical Structures, Madrid.
- Divos, F., Kiss, F.S. & Takats, P., (2011). Evaluation of historical wooden structures using nondestructive methods. In: SHATIS’ international conference on structural health assessment of timber structures, Lisbon.
- Dremelj, M., Novak, K., Merela, M., & Straže, A., (2023). Analysis of the Natural Aging of Silver Fir (*Abies alba* Mill.) Structural Timber Using Dendrochronological, Colorimetric, Microscopic and FTIR Techniques. *Forests*, 14(7), 1363.
- Duan X, Wang P, Zhou G. & Gao C., (2007). Nondestructive evaluation of dynamic MOE of ancient wooden structure members by stress wave method. *Journal of Northwest University*, 22(1): 112-114 (in Chinese).
- Duan, X., Wang, P., Zhou, G. & Gao, C., (2007a). Detection of decay and insect attacked ancient wood members with stress wave method. *China Wood Industry* 21(2), 10-12 (in Chinese)
- Duan, X., Wang, P., Zhou, G. & Gao, C., (2007b). Nondestructive evaluation of dynamic MOE of ancient wooden structure members by stress wave method. *Journal of Northwest University* 22(1), 112-114 (in Chinese) Huang, R., Wang,

- Eldem, S., H., (1987). Türk Evi III Osmanlı Dönemi, Türkiye Anıt Çevre Turizm Değerlerini Koruma Vakfı, İstanbul.
- Emmanuel V, Odile B. & Ce'line R., (2015). FTIR spectroscopy of woods: a new approach to study the weathering of the carving face of a sculpture. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc* 136:1255–1259. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.10.011>
- EN 14081-1., (2005). Timber Structures — Strength Graded Structural Timber with Rectangular Cross-Section —Part 1: General Requirements , European Committee for Standardization, Brussels .
- Erdin, N., (2009) Ahşap Konservasyonu, İ.Ü. Orman Fak. Yay. İstanbul.
- Erenman, Ö., (1988). ‘Ahşap Yapı Sistemleri’, M.S.Ü., İstanbul.
- Erinç, S., (1996). Klimatoloji ve Metodları, Alfa Basım Yayım, İstanbul.
- Erten, P., (1988). “Ağaç Malzemeden Yapılacak Binalarda Çürümeye Karşı Alınması Gereken Önlemler”, *Ahşap Malzemenin Korunması Sempozyumu*, Milli Prodüktivite Yayınları No:338, Ankara, s.75-88
- Eruzun, C., (1997). “Ahşabın Kimlik Bulduğu Doğu Karadeniz Mimarisi”, *Sanatsal Mozaik*, Yıl:2, S.24, Ağustos, ss.29-37. Sözen, M., Eruzun, C., 1992. Anadolu’da Ev ve İnsan, Crative Yayıncılık, İstanbul.
- Faggiano, B., Grippa, M.R., Marzo, A. & Mazzolani, F.M., (2011). Experimental study for non-destructive mechanical evaluation of ancient chestnut timber. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 1(3), pp.103-112.
- Falk, R.H., Patton-Mallory & M., McDonald, K.A., (1990). Nondestructive Testing of Wood Products and Structures: State-of-the-Art and Research Needs, USDA Forest Service, Forest products Laboratory Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, s. 137-147.
- Feio AO, Lourenço P.B. & Machado J.S., (2007). Non-destructive evaluation of the mechanical behavior of chestnut wood in tension and compression parallel to grain. *Int J Archit Herit* 1: 272-292.
- Feio, A.O., Lourenco, P.B. & Machado, J.S., (2004). “Compressive behaviour and NDT correlations for chestnut wood”. 4th International Seminar SAHC2004. Padova, Italy.
- Feio, A. & Machado, J.S., (2015). In-situ assessment of timber structural members: Combining information from visual strength grading and NDT/SDT methods - A review. *Constr. Build. Mater.* 101(Part 2), 1157-1.
- Felek, S. Ö., (2020). Doğu Karadeniz Yerel Mimariye Ait Serender ve Dünya’dan Benzer Yapılar. *Karadeniz İncelemeleri Dergisi*, 14(28), 525-546.
- Fengel, D. & Wegener, G., (1989). Wood chemistry, ultrastructure, reactions, University of Munich, Walter de Gruyter, Berlin.

- Flynn, K. A., (1995). A review of the permeability, fluid flow, and anatomy of spruce (Picea spp.). Wood and Fiber Science, 278-284.
- Gallio, E., Zanatta, P., Ribes, D. D., Lazarotto, M., Gatto, D. A., & Beltrame, R., (2018). Fourier transform infrared spectroscopy in treated woods deteriorated by a white rot fungus. Maderas. Ciencia y tecnología, 20(3), 479-488.
- Gao, S., Wang, X., Wiemann, M. C., Brashaw, B. K., Ross, R. J., & Wang, L., (2017). A critical analysis of methods for rapid and nondestructive determination of wood density in standing trees. Annals of Forest Science, 74, 1-13.
- Gao, Q., You, J., Liao, X., & Wang, Z. (2023). Identification and analysis of ancient ship wood excavated at Nantong hydraulic site. Bioresources, 18(3), 5028.
- Gezer, E. D., Demirkır, C., & Özdemir, T. (2021). Türk ahşap konut örneği Nemlioğlu Konağı'nın mekanik direnç özelliklerinin tahribatsız test teknikleriyle incelenmesi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 138-144.
- Ghavidel, A., Hofmann, T., Bak, M., Sandu, I., & Vasilache, V. (2020). Comparative archaeometric characterization of recent and historical oak (Quercus spp.) wood. *Wood Science and Technology*, 54(5), 1121-1137.
- Ghavidel, A., Bak, M., Hofmann, T., Vasilache, V. & Sandu, I., (2021). Evaluation of some wood-water relations and chemometric characteristics of recent oak and archaeological oak wood (Quercus robur) with archaeometric value. *Journal of Cultural Heritage*, 51, 21-28.
- Göçmen, D., (2010). Doğu Karadeniz Kırsal Mimarisi için Koruma Önerileri: Artvin İli - BalıklıMahallesi - Zurabet Evi Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi (Yüksek Lisans tezi), İstanbul.
- Green, D. W. & McDonald, K. A. (1993). Investigation of the mechanical properties of red oak 2 by 4's. Wood and fiber science, 35-45.
- Gereke, T.; Anheuser, K.; Lehmann, E.; Kranitz, K. & Niemz, P., (2011). Moisture behaviour of recent and naturally aged wood. Wood Research 56(1): 33-42. <http://www.woodresearch.sk/wr/201101/04.pdf>
- Gupta, B. S., Jelle, B. P. & Gao, T., (2015). Application of ATR-FTIR spectroscopy to compare the cell materials of wood decay fungi with wood mould fungi.
- Günay, R., (2001). Geleneksel Ahşap Yapılar Sorunları ve Çözüm Yolları, Birsen Yayınevi, İstanbul
- Günsoy, G., (1961). Yapı Bilgisi, c-II, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Edebiyat Fakültesi Basımevi, İstanbul.
- Gür, Ö. & Ş., Batur, A., (2000). Rural Architecture in the Eastern Black Sea Region / Doğu Karadeniz'de Kırsal Mimari, İstanbul: Milli Reasürans T.A.Ş.

- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A. & Athanassiou, A. 2017. "Advanced Materials from Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties." Scientific reports, 7.
- Hansen, L.D., (1999). "Carpenter Ants – a Structural Pest", Pest of the Quarter, AWPANewsline, 9.
- Hall, G. S., (1988). "Ahsabın Yapıda Dogru Kullanımı ve Korunması", *Ahşap Malzemenin Korunması Sempozyumu*, Milli Produktivite Yayınları No: 338, Ankara.
- Hasenstab, A.G.M., (2006). Integritätsprüfung von Holz mit dem zerstörungsfreien Ultraschallechoverfahren. Bundesanstalt für Materialforschung und-prüfung (BAM).
- Hedges, J. I., & Weliky, K., (1989). Diagenesis of conifer needles in a coastal marine environment. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53(10), 2659-2673.
- Helms, D. & Niemz, P. (1994). New applications of the drill resistance method for quality evaluation of wood and wood products. In *Proceedings of the 9th ISNTW; 1993, Conferences and Institutes, Washington State University, Madison, WI.* 95-102.
- Hiroshima, T., (2014). Applying age-based mortality analysis to a natural forest stand in Japan. *Journal of forest research*, 19(4), 379-387.
- Hon, D.N.S., Clamson, F., Feist, W., (1986). "Weathering Characteristics of Hardwood Surfaces", *Wood Science and Technology*, 20:169-183. Hudson, H. J., 1986. Fungi as decomposers of wood.
- HouJiang, Z., Zhu Lei, Z. L., Sun YanLiang, S. Y., & Wang XiPing, W. X., (2011). Determining main mechanical properties of ancient architectural timber.
- Hudson-McAulay, K., Kennedy, C. J., & Jarvis, M. C., (2020). Chemical and Mechanical Differences between Historic and Modern Scots Pine Wood. *Heritage*, 3(1), 116-127.
- Humar, M., Kržišnik, D., Lesar, B. & Brischke, C., (2020). The performance of wood decking after five years of exposure: Verification of the combined effect of wetting ability and durability. *Forests*, 10(10), 903.
- Ilharco, T., Lechner, T. & Nowak, T., (2015). Assessment of timber floors by means of non-destructive testing methods. *Construction and Building Materials*, 101, 1206-1214.
- Iglesias, M. C., Hamade, F., Aksoy, B., Jiang, Z., Davis, V. A. & Peresin, M. S. (2021). Correlations between rheological behavior and intrinsic properties of nanofibrillated cellulose from wood and soybean hulls with varying lignin content. *BioResources*, 16(3), 4831.
- Inagaki, T.; Yonenobu, H. & Tsuchikawa, S., (2008). Near-infrared spectroscopic monitoring of the water adsorption/desorption process in modern and archaeological wood. *Applied Spectroscopy* 62(8): 860-865. <https://doi.org/10.1366/000370208785284312>.

- Isik, F. & Li, B., (2004). Rapid assessment of wood density of live trees using the Resistograph for selection in tree improvement programs. *Can. J. For. Res.*, 33, 2426–2435.
- Iswanto, A. H., Ginting, I. M., Rachmat, H. H., Hakim, L., & Sucipto, T., (2022). Exploration of high-quality wood-producing trees on the Universitas Sumatera Utara (USU) Medan campus's green space. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1115, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
- İBB KUDEB Restorasyon ve Kon-servasyon Laboratuvarı, (2010). ‘‘Defterdar İbrahim Paşa Camisi Restorasyon ve Konservasyon Raporu’’. Rapor no: 286/65. İstanbul.
- Jellison, J. & Jasalavich, C., (2000). A review of selected methods for the detection of degradative fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 46(3), 241-244.
- Kabir MF, Schmoldt DL. & Schafer ME., (2002). Time domain ultrasonic signal characterization for defects in thin unsurfaced hardwood lumber. *Wood and Fiber Science*, 34(1):165–82
- Kačík, F.; Šmíra, P.; Kačíková, D.; Reinprecht, L. & Nasswetrova, A., (2014). Chemical changes in fir wood from old buildings due to ageing. *Cell Chem Technol* 48(1-2): 79-88. [http://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT1-2\(2014\)/p.79-88.pdf](http://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT1-2(2014)/p.79-88.pdf)
- Kafesçioğlu, R., (1955). Kuzeybatı Anadolu’da ahşap ev yapıları. Pulhan Matbaası
- Kandemir-Yucel, A., Tavukcuoglu, A., & Caner-Saltik, E.N., (2006). In situ assessment of structural timber elements of a historic building by infrared thermography and ultrasonic velocity. *Infrared Physics & Technology*, 49,243–248.Destructive Methods, Phd Thesis, Middle East University.
- Kasal B. & Anthony RW, (2004). ‘‘Advances in in situ evaluation of timber structures’’. *Progress in Structural Engineering and Materials*, Vol 6. Wiley, New York.
- Khaled, A. Y., Abd Aziz, S., Bejo, S. K., Nawi, N. M., Seman, I. A. & Onwude, D. I., (2018). Early detection of diseases in plant tissue using spectroscopy–applications and limitations. *Applied Spectroscopy Reviews*, 53(1), 36-64.
- Khalil, H. A., Awang, K. B., Bakare, I. O. & Issam, A. M. (2010). Effect of weathering on physical, mechanical and morphological properties of chemically modified wood materials. *Materials & Design*, 31(9), 4363-4368.
- Kloiber, M., Tippner, J., & Hrivnák, J., (2014). Mechanical properties of wood examined by semi-destructive devices. *Materials and structures*, 47, 199-212.
- Kloiber, M., Reinprecht, L., Hrivnák, J., & Tippner, J., (2016). Comparative evaluation of acoustic techniques for detection of damages in historical wood. *Journal of Cultural Heritage*, 20, 622-631.
- Koçman, A., (1993). Türkiye İklimi, Ege Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 72, İzmir.

- Kohara, J., (1984). Wood-Based Culture and the Japanese; Asahi Shimbunsha: Tokyo,
- Krah, F. S., Seibold, S., Brandl, R., Baldrian, P., Müller, J., & Bässler, C., (2018). Independent effects of host and environment on the diversity of wood-inhabiting fungi. *Journal of Ecology*, 106(4), 1428-1442.
- Kranitz, K., (2014a). Effect of natural aging on wood. (Publication No. 21661) [Doctoral dissertation, University of West Hungary].
- Kránitz, K., Deublein, M., & Niemz, P., (2014b). Determination of dynamic elastic moduli and shear moduli of aged wood by means of ultrasonic devices. *Materials and structures*, 47, 925-936.
- Kranitz, K.; Sonderegger, W.; Bues, C.T. & Niemz, P. (2016). Effects of aging on wood: a literature review. *Wood Science and Technology* 50(1): 7-22. <https://doi.org/10.1007/s00226-015-0766-0>
- Kubicek, C. P., (2012). Fungi and lignocellulosic biomass. John Wiley & Sons. USA.
- Kudde, E. & Aksoy, P., (2009). “Ahşap Yapıda Koruma- Uygulama Metodolojisi 1”, Restorasyon Konservasyon Çalışmaları, Sayı 1 (Nisan-Mayıs-Haziran 2009), İBB KUDEB, İstanbul, s.16-37
- Kuklik, P. & Kuklikova, A., (2001). Methods for evaluation of structural timber. *Dřevařský Vyskum/Wood Research*, Vol. 46, , Iss. 1, pp. 1-10, ISSN 0012-6136.
- Kyaw, M.T., Soe, Y.N. & Kham, N.S.M., (2019). Security Analysis of Android Application by Using Reverse Engineering. WCSE, Yangon.
- Lay, S., (2003). Life Cycle Management of Concrete Infrastructures for Improved Sustainability, Prototype of Condition Assessment Protocol, Lifecon, Technical Research Centre of Finland (VTT).
- Lee, S., Lee, S. J., Lee, J. S., Kim, K. B., Lee, J. J. & Yeo, H., (2011). Basic study on nondestructive evaluation of artificial deterioration of a wooden rafter by ultrasonic measurement. *Journal of wood science*, 57, 387-394.
- Li K. & Reeve DW., (2004). Determination of surface lignin of wood pulp fibres by x-ray photoelectron spectroscopy. *Cellulose and Chemistry* 39(4):197-210.
- Liang, X., Ye, Q., Liu, H. & Brodribb, T. J., (2021). Wood density predicts mortality threshold for diverse trees. *New Phytologist*, 229(6), 3053-3057.
- Liñán, C.R., Morales Conde, M.J., de Hita, P.R. & Gálvez, F.P., (2015). Application of non-destructive techniques in the inspection of wooden structures of protected buildings: The case of nuestra señora de los dolores church (Isla Cristina, Huelva). *International Journal of Architectural Heritage*, 9(3), pp.324-340.
- Lionetto, F., Del Sole, R., Cannoletta, D., Vasapollo, G. & Maffezzoli, A., (2012). Monitoring wood degradation during weathering by cellulose crystallinity. *Materials*, 5(10), 1910-1922.

- Long, K., Chen, K., Lin, L., Fu, F. & Zhong, Y. (2023). Deterioration of microstructures and properties in ancient architectural wood from Yingxian Wooden Pagoda (1056 AD) during natural aging. *Forests*, 14(2), 393.
- López, G., Vallelado-Cordobés, P., Gómez-Royuela, J. L. & Basterra, L. A. (2023). Diagnosis and assessment of a historic timber structure in La Casa del Corregidor, using non-destructive techniques. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02311.
- Lourenço, P., Feio A. & Machado J S., (2007). "Chestnut Wood in Compression Perpendicular to the Grain: Non-Destructive Correlations for Test Results in New and Old Wood." *Construction and Building Materials*, Vol.21 No 8 (2007) 1617-1627.
- Madhoushi, M., Eimanian, J. & Ansell, M. P., (2008). Non destructive and laboratory evaluation of strength of decayed wood members in a historic construction located in Gorgan (North of Iran). In *Structural analysis of historic construction: preserving safety and significanc-proceedings of the 6th international conference on structural analysis of historic construction*, SAHC08 (Vol. 1, pp. 469-472).
- Madhoushi, M. & Daneshvar, S., (2016). Predicting the static modulus of elasticity in eastern cottonwood (*Populus deltoides*) using stress wave non-destructive testing in standing trees. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74, 885-892.
- Mannes, D., Marone, F., Lehmann, E., Stampanoni, M., & Niemz, P., 2010. Application areas of synchrotron radiation tomographic microscopy for wood research. *Wood Science and Technology*, 44, 67-84.
- Martínez-Sala, R., Rodríguez-Abad, I., Barra, R. D. & Capuz-Lladró, R., (2013). Assessment of the dielectric anisotropy in timber using the nondestructive GPR technique. *Construction and Building Materials*, 38, 903-911.
- Mclain, T. E., (1997). Design axial withdrawal strength from wood: I. Wood screws and lag screws. *Forest products journal*, 47(5), 77.
- Mohebbi, B., (2005). "Attenuated total reflection infrared spectroscopy of white-rot decayed beech wood". *International biodeterioration & biodegradation*, 55(4), 247-251.
- Mansour, M. M., & Salem, M. Z., (2015). Evaluation of wood treated with some natural extracts and Paraloid B-72 against the fungus *Trichoderma harzianum*: Wood elemental composition, in-vitro and application evidence. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 100, 62-69.
- Montón Lecumberri, J., Segué Aguasca, E., Iñiguez-Gonzalez, G. & Arriaga Martitegui, F., (2015). In-situ assesment of structural timber density using non-destructive and semi-destructive testing. *BioResources*, 10(2), 2256-2265.
- McQuire, A. J. (1975). Effect of wood density on preservative retention in fence posts.
- Moosavinejad, S.M., Madhoushi, M., Vakili, M., Rasouli, D., 2019. Evaluation of degradation in chemical compounds of wood in historical buildings using FT-IR and FT-Raman

- Morales-Conde, M. J., Rodríguez-Liñán, C. & Rubio de Hita, P., (2013). Application of non-destructive techniques in the inspection of the wooden roof of historic buildings: A case study. *Advanced Materials Research*, 778, 233-242.
- Niemz, P., Wagner, M. & Theis, K., (1983). Status and possibilities of the application of acoustic emission analysis in wood research. *Holztechnologie*, 24(2): 91-95.
- Niemz, P., (2007). Methods of non – destructive wood testing. Institute for Building Materials (Wood Physics), ETH Zurich, 7-8.
- Niemz, P., (2010). Methods of non-destructive wood testing. *Methods of Non-Destructive Wood Testing*, pp.1000-1006.
- Niemz, P., (2016). *Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe*.
- Noack, D. & Schwab, E., (1983). In *Dendrochronology and Archaeology in Europe*; Eckstein, D.; Wrobel, S.; Aniol, R. W., Eds.; Proceedings of a Workshop of the European Science Foundation (ESF), Hamburg, April 28-30, 1982, Kommissionsverlag, Buchhandlung Max Wiedebusch: Hamburg,; p 103.
- Nowak, T. O. M. A. S. Z., Hamrol-Bielecka, K. A. T. A. R. Z. Y. N. A. & Jasienko, J., (2015). Non-destructive testing of wood–correlation of ultrasonic and stress wave test results in glued laminated timber members. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology*, 92
- Nowak, T., Karolak, A., Sobótka, M. & Wyjadłowski, M., (2019). Assessment of the condition of wharf timber sheet wall material by means of selected non-destructive methods. *Materials*, 12(9), 1532.
- Odabaşı, Y., (1997). *Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları*. 2. Baskı, Beta Yayınevi, s. 479.
- Oh, S. C., (2021). Residual strength estimation of decayed wood by insect damage through in situ screw withdrawal strength and compression parallel to the grain related to density. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 49(6), 541-549.
- Özdemir, F., Ramazanoğlu, D. & Tutuş, A., (2018). Gökmar odunun yüzey kalitesi üzerine yaşlandırma süresi, zımparalama ve kesit yönü etkisinin araştırılması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2), 194-204.
- Özgüner, O., (1970). *Köyde Mimari Doğu Karadeniz*, Ankara: O.D.T.Ü. Mimarlık Fakültesi.
- Özdemir, F., Ramazanoğlu, D. & Tutuş, A. (2018). Gökmar odunun yüzey kalitesi üzerine yaşlandırma süresi, zımparalama ve kesit yönü etkisinin araştırılması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2), 194-204.
- Palaia, L., Monfort, H., Sánchez, R., Gil, L., Álvarez, Á., López, V., Tormo, S., Pérez, C. & Navarro, P., (2008). Assessment of timber structures in service, by using combined methods of non-destructive testing together with traditional ones. in: *9th International Conference on NDT of Art*, Jerusalem, Israel.

- Pandey, K. K. & Pitman, A. J. (2003). "FTIR studies of the changes in wood chemistry following decay by brown-rot and white-rot fungi." *International biodeterioration & biodegradation*, 52(3), 151-160.
- Pearson education, I., (2011). Anatomy of a tree trunk.
- Perker, Z. S., (2004). Geleneksel ahşap yapılarımızda kullanım sürecinde oluşan yapı elemanı bozulmalarının Cumalıkızık örneğinde incelenmesi (Master's thesis, Uludağ Üniversitesi).
- Petty, J. A. & Puritch, G. S., (1970). The effects of drying on the structure and permeability of the wood of *Abies grandis*. *Wood Science and Technology*, 4(2), 140-154.
- Polat, P. & Sunkar, M., (2013). Rize'nin İklim Özellikleri, Türkiye Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi, 2013 Bildiriler Kitabı, Sayfa: 601-610, 19-21 Haziran 2013, İstanbul.
- Polat, P. & Sunkar, M., (2017). Rize'nin İklim Özellikleri ve Rize Çevresinde Uzun Dönem Sıcaklık ve Yağış Verilerinin Trend Analizleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 27 (1), 1-24 . DOI: 10.18069/firatsbed.346684.
- Poletto, M., Zattera, A. J. & Santana, R. M. C., (2012). Structural differences between wood species: evidence from chemical composition, ftir spectroscopy, and thermogravimetric analysis. *Journal of Applied Polymer Science*, 126(S1). <https://doi.org/10.1002/app.36991>
- Popescu, C.M., Popescu M.C. & Vasile, C., (2010). Characterization of fungal degraded lime wood by FT-IR and 2D IR correlation spectroscopy, *Microchemical Journal*, Volume 95, Issue 2, 2010, Pages 377-387, ISSN 0026-265X, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2010.02.021>.
- Rahimi A., Ulbrich A., Coon J.J. & Stahl S.S., (2014). Formic-acid-induced depolymerization of oxidized lignin to aromatics *Nat. Lett.* 2014;515:249–252. doi: 10.1038/nature13867.
- Raposo, P. C., Andrade, M., Correia, J. A., Salavessa, M. E., Reis, C., Oliveira, C., & de Jesus, A., (2017). Non-destructive structural wood diagnosis of a medieval building. *Procedia Structural Integrity*, 5, 1147-1152.
- Raiskila, S., Pulkkinen, M., Laakso, T., Fagerstedt, K., Löija, M., Mahlberg, R. & Saranpää, P., (2007). FTIR spectroscopic prediction of Klason and acid soluble lignin variation in Norway spruce cutting clones.
- Repellin, V. & Guyonnet, R., (2005). Evaluation of heat-treated wood swelling by differential scanning calorimetry in relation to chemical composition.
- Richardson, B., (2001). Defects and Deterioration in Buildings: A Practical Guide to the Science of Material Failure.
- Ridout, B., (2004). Timber Decay in Buildings, The Conservation Approach to Treatment, Spon Press Taylor and Francis Group, London and New York.

- Riggio, M., Sandak, J., Sandak, A., Pauliny, D. & Babiński, L., (2014). Analysis and prediction of selected mechanical/dynamic properties of wood after short and long-term waterlogging. *Construction and Building Materials*, 68, 444-454.
- Ringman, R., Pilgård, A., Brischke, C. & Richter, K., (2014). Mode of action of brown rot decay resistance in modified wood: a review. *Holzforschung*, 68(2), 239-246.
- Rinn, F., Schweingruber FH, Schar E., (1996). Resistograph and X-ray density charts of wood comparative evaluation of drill resistance profiles and X-ray density charts of different wood species. *Holzforschung* 50 (4): 303-311.
- Rinn, F., (2012). Basics of micro-resistance drilling for timber inspection, *Holztechnologie* 53 (3) 24–29.
- Rinn, F., (2013). Practical application of micro-resistance drilling for timber inspection, *Holztechnologie* 54 (4) 32–38.
- Rodrigues, J., Faix, O. & Pereira, H. (1998). Determination of lignin content of Eucalyptus globulus wood using FTIR spectroscopy.
- Romagnoli, M., & Spina, S., 2013. Physical and mechanical wood properties of ring-shaken chestnut (*Castanea sativa*) trees. *Canadian Journal of Forest Research*, 43(2), 200-207.
- Ross, R.J.; Cooper, J.L.; Wang, Z., (1992). In-place evaluation of fire-retardant-treated plywood. In: *Proceedings, 9th nondestructive evaluation conference; 1991 September; Washington State University, Pullman, WA: 247–252.*
- Ross, R., (2016). 'Visual Inspection', in White, R.H. & Ross, R. (ed.) *Wood and Timber Condition Assessment Manual*. Wisconsin: USDA, pp.1-4.
- Ross, R., Pellerin, R., Volny, N., Salsig, W. & Falk, R., (1999). Inspection of timber bridges using stress wave timing non-destructive evaluation tools – A guide for use and interpretation. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-114. Madison. WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory: 15 pp.
- Sandoz, J.L., (1989). Grading of construction timber by ultrasound, *Wood Science and Technology* nr. 23(1); 95-108
- Sandoz, J. L. (1993). Moisture content and temperature effect on ultrasound timber grading. *Wood Science and Technology* 27:373–380.
- Sarı, A., (1974). *Düşey Sirkulasyon Araçları Merdivenler*, Kurtuluş Matbaası, İstanbul.
- Schulz, H. (1984). Von Aufsess, H.; Verron, T. *Holz Roh-Werkst.*, 42, 109.
- Schwanninger, M. J. C. R., Rodrigues, J. C., Pereira, H., & Hinterstoisser, B., (2004). "Effects of short-time vibratory ball milling on the shape of FT-IR spectra of wood and cellulose". *Vibrational spectroscopy*, 36(1), 23-40.

- Seçkin, N.P., (2010). “Ahşap Malzemenin Sorunları ve İnceleme Teknikleri”, Ahşap Yapılar Koruma Restorasyon ve Sürdürülebilirlik Kriterleri Paneli, İstanbul
- Seçkin, N. P., (2017). Mimaride malzeme algısı: Dokunsal ve görsel-dokunsal deneyimlerin değerlendirilmesi.
- Shang, D., Duan, X. & Yang, Z., (2008). Stress wave non-destructive testing technology and its application in ancient wood architectures' protection. *World Forestry Research* , 21(2), 44-48 (in Chinese).
- Sharapov, E., Brischke, C. & Militz, H., (2019). Prediction of modulus of elasticity in static bending and density of wood. at different moisture contents and feed rates by drilling resistance measurements. *Eur. J. Wood Prod.* 77, 833–842 2019. <https://doi.org/10.1007/s00107-019-01439-2>.
- Siau, J. F., (1995). Wood: Influence of moisture on physical properties.
- Singh, J., (2006). *Building Mycology: Management of decay and health in buildings*. Taylor & Francis.
- Siyal, A. A., Liu, Y., Mao, X., Ali, B., Husaain, S., Dai, J. & Liu, G., (2021). Characterization and quality analysis of wood pellets: effect of pelletization and torrefaction process variables on quality of pellets. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-17.
- Slávik, R., Čekon, M. & Štefaňák, J., (2019). A nondestructive indirect approach to long-term wood moisture monitoring based on electrical methods. *Materials*, 12(15), 2373.
- Sobue, N. (1986). Measurement of Young's modulus by the transient longitudinal vibration of wooden beams using a FFT spectrum analyser. *Mokuzai Gakkaishi*, 32(9): 744-747.
- Soikkeli, A., (2000). *Management Of The European Wooden Building Heritage*, University of Oulu, Finland.
- Sonderegger, W., Kránitz, K., Bues, C. T. & Niemz, P., (2015). “Aging effects on physical and mechanical properties of spruce, fir and oak wood,” *Journal of Cultural Heritage* 16(6), 883-889. DOI: 10.1016/j.culher.2015.02.002
- Sousa, H. S., Branco, J. M. & Lourenço, P. B., (2014). Characterization of cross-sections from old chestnut beams weakened by decay. *International journal of architectural heritage*, 8(3), 436-451.
- SPSS., (2023). SPSS Statistics. Version 29.0 IBM. <https://www.ibm.com/support/pages/downloading-ibm-spss-statistics-23>
- Suomi, D. A. & Akre, R. D. (1992). Characteristics of structures attacked by the wood-infesting beetle *Hemicoelus gibbicollis* (Coleoptera: Anobiidae). *J. Entomol. Soc. Brit. Columbia* 89:63–70.

- Sümerkan, M. R., (1990). Biçimlendiren Etkenler Açısından Doğu Karadeniz Kırsal Kesiminde Geleneksel Evlerin Yapı Özellikleri, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Şahin, N., (1995). Ankara Konutu Özelinde Geleneksel Ahşap Karkas Yapım Tekniği, Yapı Gereç Yılı, *Ahşap Dergisi*, Arşiv TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi.
- Tannert, T., Anthony, R. W., Kasal, B., Kloiber, M., Piazza, M., Riggio, M. & Yamaguchi, N., (2014). In situ assessment of structural timber using semi-destructive techniques. *Materials and structures*, 47, 767-785.
- TAPPI T 257 cm-02., (2002). Sampling and preparing wood for analysis, TAPPI Press, Atlanta, GA, USA.
- Thaler, N., Žlahtič, M., & Humar, M. (2014). Performance of recent and old sweet chestnut (*Castanea sativa*) wood. *International biodeterioration & biodegradation*, 94, 141-145.
- Topaloğlu, E., & Ustaömer, D., (2020). Bazı Meyve Ağaçları Gövde Odunlarının Fiziksel, Mekanik ve Yüzey Özelliklerinin Araştırılması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 123-136.
- Topaloğlu, E., Ustaömer, D., Öztürk, M. & Peşman, E., (2021). Changes in wood properties of chestnut wood structural elements with natural aging. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 23.
- Toydemir, N. & Bulut, Ü., (2004). Çatılar. İstanbul, Türkiye: Yapı Yayın
- Tsai, P.H., Chen, C.J., HU, M.F. & Yeh, Y., (2006). Estimation of Modulus of Wooden Components by Using Non – destructive Testing Strategy. In: *9th World Conference in Timber Engineering*.
- TS 344, (1982). Ahşap Koruma Genel Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2471, (1976). Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için rutubet miktarı tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2472, (1976). Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 2474, (1976). Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2477, (1976). Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2478, (1976). Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS 2595, (1977). Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 338, (2012). Yapı Kerestesi – Mukavemet Sınıfları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Tsoumis, G., (1991). Science and technology of wood: structure, properties, utilization (Vol. 115). New York: Van Nostrand Reinhold.
- Unger, A., Schniewind, A. & Unger, W. (2001). Conservation of wood artifacts: a handbook. Springer Science & Business Media.
- URL-1. (2023, 11 Eylül). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H> adresinden alınmıştır.
- URL-2.(2023, 19 Şubat) <https://rize.tarimorman.gov.tr/Menu/12/Cografi-Yapi> adresinden alınmıştır.
- URL-3.(2023, 19 Şubat). <https://rize.ktb.gov.tr/TR-55288/cografi-konumu.html>. adresinden alınmıştır.
- URL-4.(2023, 11 Eylül). <https://rize.ktb.gov.tr/TR-55291/tarihce.html>. adresinden alınmıştır.
- URL-5. (2024, 19 Şubat). <https://rize.tarimorman.gov.tr/Menu/11/Rizenin-Tarihcesi> adresinden alınmıştır.
- Ünal S. , Özcan E. ve Cılbırcıoğlu C, (2008). Kastamonu'daki Tarihi Osmanlı Konağı'nda Tespit Edilen Zararlı Böceklerle Karşı Fumigasyon Uygulaması. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*. 8(2): 103-108.
- Ünal, S., Ozcan, E. & Kaygın, A. T., (2009). “Wood-destroying Coleopteran species in the historical buildings in Kastamonu, in Turkey”, *African Journal of Biotechnology*, 8(10), 2349- 2355.
- Verbist, M., Matos, F. T. & Branco, J. M., (2019). Structural and health assessment of historic timber roofs from the Convent of Christ in Tomar. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 9, 491-511.
- Vurdu, H.; Kesik, H.İ.; Kurtuluş, O.Ç. & Özkan, O.E., (2013). Some physical and mechanical properties of antique and fresh cut *Pinus sylvestris* and *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* woods. *Pro Ligno* 9(4):562567.http://www.proligno.ro/en/articles/2013/4/Vurdu_final.pdf Wagenführ R, 1996. Holzatlas. 4. Auflage, Fachbuchverlag Leipzig.
- Wang, X., Ross, R.J., McClellan, M., Barbour, R.J., Ecickson, J.R., Forman, J.W. & McGinnis, G.D., (2001). Nondestructive evaluation of standing trees with a streswave method. *Wood and Fiber Science*, 33 (4): pp 522 –533
- Wang, S. Y., Chiu, C. M. & Lin, C. J., (2003). Application of the drilling resistance method for annual ring characteristics: evaluation of *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides*)

- trees grown with different thinning and pruning treatments. *Journal of Wood Science*, 49(2), 116-124.
- Wang X Q, Fei B H & Ren H Q, (2009). FTIR Spectroscopic Studies of the Photo-Discoloration of Chinese Fir. *Spectroscopy And Spectral Analysis*, 29 (5): 1272-1275.
- Wayne, W. & W. Wilcox. (1988). Detection of early stages of wooddecay with ultrasonipulsevelocity. *Forest Products Journal* 38(5):68–73.
- Wilcox, W., (1978). Review of literature on the effect of early stages of decay on wood strength. *Wood and Fiber Science*, 9 (4): 252-257.
- Williams, R.S., (2005). Weathering of wood. In Handbook of wood chemistry and wood composites. Rowell,R.M. (ed.). Taylor and Francis CRC Press: Boca Raton, Florida, USA. Volume 7, pp. 142–178.
- Wise, E.L. & Karl, H.L. (1962). Cellulose and Hemicelluloses in Pulp and Paper Science and Technology, 1. Pulp. Earl. C.L. (Ed.). New York: McGraw Hill-Book Co.
- X., Li, H. & Liu, X., (2007). Quantitative analysis on the detected results by resistograph on inside wood decay of ancient architecture. *Journal of Beijing Forestry University* 29(6), 167-171 (in Chinese)
- Xie, J.; Qi, J.; Huang, X.; Zhou, N. & Hu, Y., (2015).Comparative analysis of modern and ancient buried Phoebe zhennan wood: Surface color, chemical components, infrared spectroscopy, and essential oil composition. *J. For. Res.*, 26, 501–507.
- Xu, P., Guan, C., Zhang, H., Li, G., Zhao, D., Ross, R.J. & Shen, Y., (2021). Application of nondestructive testing technologies in preserving historic trees and ancient timber structures in china. *Forests*, 12(3), p.318.
- Xuan, L., Fu, Y., Liu, Z., Wei, P. & Wu, L. (2018). Hydrophobicity and photocatalytic activity of a wood surface coated with a Fe³⁺-doped SiO₂/TiO₂ Film. *Materials*, 11(12), 2594.
- Xue, S., Zhou, H., Liu, X., & Wang, W., (2019). Prediction of compression strength of wood usually used in ancient timber buildings by using resistograph and screw withdrawal tests. *Wood Res*, 64, 249-260.
- Yanliang, S., Houjiang, Z. & Lei, Z., (2011). Wood density detection method research and development (J). *Forest engineering*, 27(1), pp.23-26.
- Yeler, G. & Özek, V., (2007). “Geleneksel Konut Mimarlığının Biçimlenişinde İklim Faktörünün Değerlendirilmesi”, *Uluslararası Ekolojik Mimarlık ve Planlama Sempozyumu*, Antalya.
- Yin, Y., Lu, J., Ren, H., Ni, C. & Lum, C., (2006). Assessment of bending tensile and compressive strength of structural timber. In: *9th World Conference in Timber Engineering*.

- Yücesoy, L.,(1998). Temeller, Duvarlar, Döşemeler, YEM Yayın, İstanbul.
- Yıldız, Ü. C., (2024, 10 Mart). <https://avesis.ktu.edu.tr/yildiz/dokumanlar>.
- Zabel, R. A. & Morrell, J. J., (2012). Wood microbiology: Decay and its prevention. Academic press.
- Zhang, H., Guan, C. & Wen, J., (2016). Applications and research development of nondestructive testing of wood based materials. *Journal of Forestry Engineering*, 1(6), 1-9.
- Zakzeski, J., Bruijninx, P. C., Jongerius, A. L. & Weckhuysen, B. M., (2010). The catalytic valorization of lignin for the production of renewable chemicals. *Chemical reviews*, 110(6), 3552-3599.
- Zhao, C.; Zhang, X.; Liu, L.; Yu, Y.; Zheng, W. & Song, P., (2019). Probing chemical changes in holocellulose and lignin of timbers in ancient buildings. *Polymers* 11(5): e809. <https://doi.org/10.3390/polym11050809>.
- Zorlu, T. & Faiz, S., (2012). “Ekolojik Mimarlık: Doğu Karadeniz Kırsal Konutu”, *Mimarlık Dergisi*, S. 367, s.56-60.

ÖZGEÇMİŞ

Büşra AYDOĞAN SELÇUK, lise öğrenimini 2003 yılında Trabzon Lisesi Süper Bölümünde tamamladı. 2008 yılında İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Bilim Dalında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2010-2011 akademik yılında Erasmus bursuyla Avusturya Viyana Bodenkültür Üniversitesi'nde öğrenim gördü. 2012-2013 akademik yılında başladığı doktora öğrenimi süresince çeşitli konularda akademik çalışmalar yapmıştır. 2015-2021 yılları arasında ÇAYKUR'da çalışmıştır. Evli ve bir çocuk annesi olan SELÇUK, iyi derecede İngilizce bilmektedir.