T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARİHİ YAPILARIN RESTORASYONUNDA, AHŞABIN BİYOLOJİK BOZULMALARINA KARŞI YERİNDE EMPRENYE TEKNİKLERİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ

ÖZLEM BOZKURT

DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI

TEZ YÖNETİCİSİ, PROF.DR. A. GÜLÇİN KÜÇÜKKAYA

2008
EDİRNE

Ercan'a

ÖZET

Organik bir malzeme olan ahşap, zamanla biyolojik bozulmalara maruz kalmaktadır. Ahşabın kullanım yerinde mantar ve böcekler tarafından tahrip edilerek çürütülmesi, geleneksel ahşap yapıların sayısının her geçen yıl azalmasına neden olmaktadır. Bu araştırma ile yeni ahşap malzeme üzerinde başarıyla uygulanan çağdaş emprenye tekniklerinin, tarihi yapılardaki eski ahşap malzeme üzerindeki etkinliği belirlenerek, bu yapıların restorasyonunda yerinde emprenye tekniklerinin uygulanabilirliğinin araştırılması hedeflenmiştir.

Bu bağlamda Geleneksel Tekirdağ Evleri üzerinden alınan çam ve meşe numuneler ebatlanarak kendi aralarında sınıflandırılmıştır. Numuneler organik solventli ve suda çözünen iki tip emprenye maddesi kullanılarak, sürme ve enjeksiyon yöntemleriyle emprenye edilmiştir. Emprenye edilen numuneler ve emprenye edilmemiş kontrol numuneleri mekanik testlerden geçirilerek, emprenye işleminin, ahşabın mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Emprenyeli numuneler eskitilmiş ve kontrol numuneleriyle birlikte böcek ve mantar sorunu bulunan Tekirdağ Ertuğrul Mahallesi, İskele Caddesi 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı eski yapıya bırakılmıştır. Numuneler yapıda 20 hafta süreyle bekletildikten sonra, bozulma dereceleri bakımından karşılaştırılmıştır.

Eski ahşap malzemeye uygulanan emprenye işleminin mekanik özelliklere etkisi, kimyasalların absorbsiyon miktarları ve her bir yöntemin biyolojik bozulmalara karşı etkinliği birlikte değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, yerinde emprenye işlemlerinin koruyucu etkisi kadar olumsuz etkileri de vardır. Bu nedenle uygulama öncesi, emprenye edilecek ahşap malzemenin mekanik değerleri ölçülmeli; emprenye işlemi, malzemeye getirileri ve götürüleri irdelendikten sonra uygulanmalıdır. 2008, 190s.

Anahtar Kelimeler: Ahşap (wood), biyolojik bozulma (biodegradation), restorasyon (restoration), koruma (preservation), emprenye (treatment)

ABSTRACT

Wood as an organic material is exposed to biodegradation over time. Since wood is damaged by fungus and insects, the number of traditional wooden structures decreases every coming year. In this study, the effectiveness of modern treatment techniques which was applied successfully on new wooden material will be determined over old wooden material and the applicability of treatment-in-place techniques in restoration of these constructions will be investigated.

For that purpose, pine and oak samples gathered from traditional Tekirdağ Houses were sized and classified among each other. By using two types of treatment materials, organic solvent and water soluble, samples were treated through application and injection methods. Treated samples and control samples which were not impregnated were mechanically tested and the effects of treatment procedure on mechanical features of wood were checked. Treated samples alongside with old samples and control samples were left to the old structure on Tekirdağ Ertuğrul Square, İskele Street 70 map section, 263 city block, 14 parcel cadastral defined where there was insect and fungus problem. These samples after being left in the structure for 20 weeks were compared with each other in terms of their deterioration level.

The effects of treatment procedure applied over old wooden material on mechanical features, absorption amounts of chemicals and effectiveness of every single method against biodegradation were evaluated together. According to research results, treatment-in-place methods are protective but at the same time it has negative effects as well. Because of that reason, in pre-application process, mechanical values of wooden structure to be treated should be measured; treatment procedure should be applied after analyzing the costs and benefits. 2008, 190p.

Key Words: Wood, biodegradation, restoration, preservation, treatment

İÇİNDEKİLER

Başlık	Sayfa no
1. GİRİŞ	1
2. AHŞABIN YAPISI ve BOZULMA NEDENLERİ	5
2.1. Ahşabın Sınıflandırılması	5
2.1.1. Açık tohumlular	5
2.1.2. Kapalı tohumlular	7
2.2. Ahşabın Oluşumu ve Yapısı	8
2.2.1. Yapısal polimerler	11
2.2.1.1. Selüloz	11
2.2.1.2. Hemiselüloz	13
2.2.1.3. Lignin	14
2.2.2. Yan bileşenler	15
2.2.3. Hücre çeperi	16
2.2.4. Yıllık halkalar	18
2.2.5. Makroskopik özellikler	20
2.2.6. Ahşabın fiziksel özellikleri	21
2.2.7. Ahşap ve su ilişkisi	22
2.3. Ahşabın Bozulma Nedenleri	25
2.3.1. Yapısal özelliklere bağlı bozulmalar	25
2.3.1.1. Bünyesel kusurlar	25
2.3.1.2. Doğal dayanıklılığın etkisi	29
2.3.2. Neme bağlı bozulmalar	30
2.3.3. Fiziksel ve kimyasal faktörlerin neden olduğu bozulmalar	31
2.3.3.1. Termal bozulmalar	31
2.3.3.2. Mekanik etkilerin neden olduğu yüzey bozulmaları	32
2.3.3.3. Güneş ışığı ve UV ışınlarının etkisi	33
2.3.3.4. Kimyasal bozulmalar	33
2.3.4. Biyolojik bozulmalar	34
3. BİYOLOJİK BOZUNMA NEDENLERİ	35
3.1. Bakteriler	35
3.2. Mantarlar	36
3.2.1. Ahşabı tahrip eden mantarların yaşam koşulları	38
3.2.1.1. Rutubet miktarı	38
3.2.1.2. Sıcaklık	39
3.2.1.3. Işık	39
3.2.1.4. Oksijen	40
3.2.1.5. pH değeri	40

3.2.2. Ahşap malzemeye arız olan mantarların sınıflandırılması 40
3.2.2.1. Ahşapta renk meydana getiren mantarlar 41
3.2.2.2. Ahşapta çürüklük meydana getiren mantarlar 44
3.3. Böcekler 51
3.3.1. Kullanım yerinde ve eski eserlerde tahribat yapan böcekler 52
3.3.1.1. *Anobiidae* (Tos vuran böcekler) 53
3.3.1.2. *Cerambycidae* (Teke böcekleri) 54
3.3.1.3. *Lyctidae* (Diri odun böcekleri) 54
3.3.1.4. *Bostrychidae* (Odun delenler) 55
3.3.1.5. *Platypodidae* ve *Scolyidae* (Öz odun böcekleri ve Kabuk böcekleri) 55
3.3.2. Termitler 55
3.3.3. Ahşabı tahrip eden böceklerin yaşam koşulları 57
3.3.3.1. Böceklerin besin maddesi istekleri 57
3.3.3.2. Böceklerin rutubet istekleri 58
3.3.3.3. Böceklerin sıcaklık istekleri 58
4. EMPRENYE 60
4.1. Eprenyenin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi 60
4.2. Emprenye Maddeleri 66
4.2.1. Yağlı emprenye maddeleri 67
4.2.2. Organik çözücülü emprenye maddeleri 69
4.2.3. Suda çözünen emprenye maddeleri 72
4.3. İyi Bir Emprenye Maddesinde Bulunması Gereken Özellikler 76
4.3.1. Zehirlilik 76
4.3.2. Devamlılık 76
4.3.3. Nüfuz yeteneği 76
4.3.4. Diğer maddelere etkisi 77
4.3.5. İnsan sağlığı ve çevreye duyarlılık 77
4.3.6. Ekonomiklik 77
4.3.7. Taşıma şekli 78
4.3.8. Yanmaya Dayanıklılık 78
4.3.9. İşlenme özelliklerine etki 78
4.4. Ahşabın Emprenye Edilebilirliğini Etkileyen Faktörler 79
4.4.1. Ahşabın yapısal özelliklerinin etkisi 79
4.4.1.1. Permeabilite 79
4.4.1.2. Ahşabın genel anatomik yapısının emprenyeye etkisi 80
4.4.1.3. Geçit zarlarının yapısı ve kimyasal bileşimi 80
4.4.1.4. Ahşabın rutubet miktarı 81
4.4.2. Kimyasal maddenin özelliklerinin etkisi 81
4.4.2.1. Viskozite 81

4.4.2.2. Süspansiyon halindeki maddeler 81
4.4.2.3. Kimyasalın tipi 82
4.4.3. Uygulama Yönteminin Etkisi 82
4.4.3.1. Basınç uygulayan emprenye yöntemlerinin malzemeye etkisi 82
4.4.3.2. Basınç uygulamayan emprenye tekniklerinin malzemeye etkisi 83
4.5. Ahşap Malzemenin Emprenye İşlemlerine Hazırlanması 83
4.5.1. Yüzeyin temizlenmesi 84
4.5.2. Şekillendirme 84
4.5.3. Kurutma 85
4.6. Emprenye Teknikleri 86
4.6.1. Eski malzemeye uygulanamayacak emprenye teknikleri 87
4.6.1.1. Basınç uygulayan yöntemler 87
4.6.1.2. Basınç uygulamayan emprenye yöntemleri 90
4.6.2. Eski malzemeye yerinde uygulanabilecek emprenye teknikleri 92
4.6.2.1. Difüzyon teknikleri 94
4.6.2.2. Basınç uygulamayan sürme/püskürtme yöntemleri 96
4.6.2.3. Enjeksiyon yöntemi 98
4.7. Emprenyeli Malzemenin Özelliklerinde Meydana Gelen Değişiklikler 100
4.7.1. Direnç özellikleri 100
4.7.2. Tutuşma özelliği 101
4.7.3. Elektrik iletkenliği 102
4.7.4. Renk değişiklikleri 103
4.8. Emprenyenin Çevreye Etkileri 103
5. TARİHİ YAPILARIN RESTORASYONUNDA, AHŞABIN BİYOLOJİK BOZULMALARINA KARŞI YERİNDE EMPRENYE TEKNİKLERİNİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI 106
5.1. Deneylerin Amacı 106
5.2. Deney Planı 108
5.3. Materyal ve Metod 109
5.3.1. Tekirdağ evlerinin genel özellikleri ve bugünkü durumu 109
5.3.1.1. Tekirdağ Ertuğrul Mahallesi İskele Caddesi 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı yapıda saptanan biyolojik sorunlar 114
5.3.2. Deneyde Kullanılan Biyolojik Malzemeler 119
5.3.2.1. Anobium Punctatum 119
5.3.3. Kullanılan Ağaç Türleri 127
5.3.3.1. Sarıçam 127
5.3.3.2. Meşe 129
5.3.4. Deneyde Kullanılan Kimyasal Malzemeler 130
5.3.4.1. Suda çözünen emprenye maddesi: Adolit FPE 30 130

5.3.4.2. Organik solventli emprenye maddesi: Aidol Imprägniergrund GN 131
6. DENEYLER ve SONUÇLAR 132
6.1. Deney Ortamının Hazırlanması 132
6.2. Deney Malzemelerinin Hazırlanması 132
6.3. İşlem 133
6.3.1. Deney numunelerinin hazırlanması 133
6.3.2. Deney numunelerinin koruyucu işleme tâbi tutulması 134
6.3.3. Emprenye işleminden sonra numunelerinin kondisyonlanması ve kurutulması 136
6.4. Emprenye Edilen Numunelerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi 136
6.4.1 Emprenye işleminin numunelerin mekanik özellikleri üzerindeki etkisinin ölçülmesi 136
6.4.2. Numunelerin liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı tayini (TS 2595) 140
6.4.3. Numunelerin liflere dik doğrultuda basınç dayanımı tayini (TS 2473) 142
6.4.4. Numunelerin liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesi tayini (TS 2475) 144
6.4.5. Numunelerin liflere dik doğrultuda çekme gerilmesi tayini (TS 2476) 146
6.4.6. Numunelerin vida tutma direnci (TS EN 320) 147
6.4.7. Mekanik testler sonunda elde edilen genel sonuçlar 149
6.5. Numunelerin Emprenye Maddesi Absorbsiyon Miktarlarının Hesaplanması 150
6.5.1. Eskitmeden önce hesaplanan emprenye maddesi absorbsiyon miktarları 151
6.5.2. Eskitmeden sonra hesaplanan emprenye maddesi absorbsiyon miktarları 152
6.6. Biyolojik Deneyler 156
6.6.1. Numunelerin eskitilmesi 156
6.6.2. Kontrollü ortamda gerçekleştirilen biyolojik deneyler için numunelerinin böcek yumurtalarına maruz bırakılması 159
6.6.3. Kontrollü ortamda gerçekleştirilen deney şartları ve süresi 159
6.6.4. Kontrollü ortamda gerçekleştirilen biyolojik testlerin sonunda elde edilen bulgular 159
6.7. Yerinde Gerçekleştirilen Biyolojik Deneyler 160
6.7.1. Yerinde gerçekleştirilen biyolojik testler için deney planı 162
6.7.2. Yerinde gerçekleştirilen biyolojik testlerde kullanılmak üzere deney numunelerinin yeniden ebatlanması, emprenye edilmesi ve eskitilmesi 162
6.7.3. Numunelerin deney ortamına yerleştirilmesi 163
6.7.4. Numunelerin deney ortamından çıkarılması ve bozulma derecelerinin araştırılması 164
6.7.4. Biyolojik deneyler sonunda elde edilen bulgular 166
7. SONUÇLAR ve TARTIŞMA 171
KAYNAKLAR 177
TEŞEKKÜR 190

ŞEKİLLER DİZİNİ

Başlık Sayfa no

Şekil 2.1. Açık tohumlularda traheidler ve geçitler 6
Şekil 2.2. Açık tohumlularda hücrenin mikroskopik yapısı 7
Şekil 2.3. Kapalı tohumlularda hücrenin mikroskopik yapısı 8
Şekil 2.4. Bitkilerde glikoz üretimi 9
Şekil 2.5. Glikoz, nişasta ve selüloz zincirleri 10
Şekil 2.6. Doğada karbon döngüsü ve ahşap üretimi 12
Şekil 2.7. Selüloz mikrofibrillerin yapısı 13
Şekil 2.8. Hemiselüloz 13
Şekil 2.9. İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçlarda fenil propan birimleri 14
Şekil 2.10. Hücre çeperi 17
Şekil 2.11. İlkbahar ve yaz odununda hücre çeper kalınlıklarındaki farklılık 18
Şekil 2.12. Gövde kesiti 20
Şekil 2.13. Taze ve kuru haldeki ahşapta hücre içerisindeki su miktarı 23
Şekil 2.14. Liflilik kusurları 27
Şekil 2.15. Ahşapta çatlama şekilleri 28
Şekil 3.1. Mantarlarda spor ve üreme döngüsü 37
Şekil 3.2. Ahşap malzemede çürüklük kontrolü 46
Şekil 3.3. Huşta beyaz çürüklük ve çevresinde siyah şerit oluşumu 49
Şekil 3.4. Ahşaba zarar veren önemli böcek türlerinin oransal şekilleri 53
Şekil 5.1. *Anobium punctatum* yaşam döngüsü 123

RESİMLER DİZİNİ

Başlık Sayfa no

Resim 2.1. Dendrokronolojik araştırmalarda kullanılmak üzere dikili ağaçtan kesit alınması 19
Resim 2.2. Budakların makroskopik görünüşü 26
Resim 3.1. *Antrodia vaillantii*'de miselyum oluşumu 37
Resim 3.2. Kuru çürüklük mantarlarının rutubetli döşeme üzerinde yaptığı bozulma 47
Resim 3.3. Islak çürüklük mantarlarından *Coprinus sp.*'nın duvar üzerinde oluşmuş meyvesi 47
Resim 3.4. Islak çürüklük mantarı *Coniophora puteana* ve döşeme üzerindeki tahribatı 48
Resim 3.5. Toprak altı termiti 56
Resim 4.1. Vakum- basınç yöntemiyle çalışan bir basınçlı emprenye tesisi 88
Resim 4.2. Ahşap direklere bandaj metodunun uygulanması 95
Resim 4.3. Rentokil ve fetcham enjektörleri tanıtım broşürleri 98
Resim 5.1. Tekirdağ Ertuğrul M., İskele C. 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı eski yapı 114
Resim 5.2. Yapının zemin kat tavan döşemelerinde görülen küflenme 115
Resim 5.3. Yapının çatı katı tavan döşemelerinde görülen mantar 115
Resim 5.4. Yapının çatı katı duvarlarında görülen mantar tahribatı 116
Resim 5.5. Yapıda görülen çürüklük mantarı detayı 116
Resim 5.6. Mantar, bakteri ve alg oluşumu sonucu bozunmaya uğramış ahşap malzeme 117
Resim 5.7. Yapının merdiven trabzanında böcek tahribatı 118
Resim 5.8. Yapıdan toplanan böcek atıkları 119
Resim 5.9. Ergin halde *anobium punctatum* böceği 120
Resim 5.10. *Anobium punctatum*'un ahşap içindeki larvası 120
Resim 5.11. (a) Çam kozalak, dal ve yaprağı (b) çam odunu 128
Resim 5.12. (a) Meşe odunu (b) meşe ağacı 129
Resim 6.1. Sürme yöntemi ile emprenye maddesinin uygulanması 134
Resim 6.2. Emprenye maddesinin açılan enjeksiyon deliklerine enjekte edilmesi 135
Resim 6.3. Enjeksiyondan sonra yüzeye emprenye maddesinin sürülmesi 135
Resim 6.4. Liflere paralel yönde basınç dayanımının tayini 137
Resim 6.5. Liflere dik yönde basınç dayanımının tayini 137
Resim 6.6. Liflere paralel yönde çekme gerilmesinin tayini 138
Resim 6.7. Liflere dik yönde çekme gerilmesinin tayini 138
Resim 6.8. Vida tutma direncinin tayini 139
Resim 6.9. Vida tutma direncinin tayini 139
Resim 6.10. Numunelerin Haziran-2008'de döşeme altına bırakılması 164
Resim 6.11. Numunelerin Kasım-2008'de deney ortamından çıkarılması 165
Resim 6.12. TÇ1 ve TM1'de görülen küflenme 167
Resim 6.13. TÇ2 ve TM2'de görülen küflenme 167

Resim 6.14. TÇ3 ve TM3'de görülen küflenme 167
Resim 6.15. TÇ4 ve TM4'de görülen küflenme 168
Resim 6.16. TÇ5 ve TM5'de görülen küflenme 168

ÇİZELGELER DİZİNİ

Başlık Sayfa no

Çizelge 2.1. Ahşabın elementer yapısı 9
Çizelge 2.2. Ahşapta ağaç türü ve yörelere göre denge rutubeti değerleri 24
Çizelge 3.1. Ahşaba zarar veren mantar sınıfları 41
Çizelge 5.1. Deney planı; numunelere uygulanacak emprenye yöntemleri ve maddeleri 108
Çizelge 5.2. *Anobium punctatum*'da bir defada çıkan yumurta sayısı ve relativ nem arasındaki ilişki ... 122
Çizelge 5.3. *Anobium punctatum*'da larva gelişimi için ideal çevre koşulları 125
Çizelge 6.1. Numunelerin liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı ölçümleri 140
Çizelge 6.2. Numunelerin liflere dik doğrultuda basınç dayanımı ölçümleri 142
Çizelge 6.3. Numunelerin liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesi ölçümleri 144
Çizelge 6.4. Numunelerin liflere dik doğrultuda çekme gerilmesi ölçümleri 146
Çizelge 6.5. Numunelerin vida tutma direnci ölçümleri 147
Çizelge 7.1. Mekanik ve biyolojik deneyler sonunda numune tiplerinden elde edilen değerler 171

GRAFİKLER DİZİNİ

Başlık Sayfa no

Grafik 2.1. Ortamın nem değeri ve ahşabın yüzey nemi arasındaki ilişki 24
Grafik 5.1. Tekirdağ evlerinde kullanılan ahşabın bozulma nedenleri 113
Grafik 6.1. Liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı testi 141
Grafik 6.2. Liflere dik doğrultuda basınç dayanımı testi 143
Grafik 6.3. Liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesi testi 145
Grafik 6.4. Liflere dik doğrultuda çekme gerilmesi testi 147
Grafik 6.5. Vida tutma direnci testi 148
Grafik 6.6. Çam numuneler için eskitme öncesi ve sonrası absorbsiyon miktarları 154
Grafik 6.7. Meşe numuneler için eskitme öncesi ve sonrası absorbsiyon miktarları 154
Grafik 6.8. Biyolojik deneyler sonunda numunelerde görülen ağırlık kaybı oranları 170

1. GİRİŞ

Ahşap; doğallık, ağırlığına oranla dayanıklılık, yalıtkanlık, akustik, yenilenebilirlik, estetik ve kolay işlenebilme gibi özellikleriyle, insanlığın hizmetindeki en eski ve en çeşitli kullanım alanı olan malzemelerden biri olmuştur. Yenilenebilirliği, dolayısıyla çevreciliğiyle günümüzde daha da önem kazanması beklenen ahşap, bu özelliğini organik bir malzeme olmasından almaktadır. Organik bir malzeme olarak, çeşitli mikroorganizmalarca tamamen ayrıştırılarak doğada kendiliğinden geri dönüştürülebilmektedir. Ancak söz konusu olan eski ahşap elemanların korunması olduğunda, bu özellik mücadele edilmesi gereken, en azından mümkün olduğu kadar geciktirilmesi gereken bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü ahşap, doğru işlenmez ve gerektiği şekilde korunmazsa çevresel etkiler ve biyolojik bozulmalar karşısında kısa sürede kullanım ömrünü tamamlayabilmektedir. Doğru şekilde işlendiği ve gerektiği gibi korunduğunda ise yüzlerce yıl kullanılabilecek kadar dayanıklıdır. Milattan önceki yüzyıllardan Çin, Mısır, Yunan ve Roma medeniyetlerinden günümüze kadar gelebilmiş ahşap malzemeler vardır.

Eski dönemlerde ahşap, diğer birçok kullanım alanının yanı sıra, yapı malzemesi olarak da yaygın olarak kullanılmıştır. O dönemlerde yapılmış olan yapıların birçoğu günümüze kadar ulaşmıştır. Bugün ise teknoloji olarak çok daha ilerde olmamıza karşın, yapılarda kullanılan ahşap elemanlar çok kısa sürede bozulabilmektedir. Hatta bazı restorasyon örneklerinde, özgün elemanlar uzun yıllar dayanırken, restorasyon sonrası yapılan eklentilerde kullanılan yeni ahşap malzemelerin eskilerinden daha kısa sürede tahrip olduğu görülmektedir. Oysa bugün, sahip olunan teknoloji sayesinde, ahşabın kullanım öncesi gerektiği kadar kurutulması ve eskiye göre çok daha ucuz ve yaygın şekilde korunması mümkündür. Eski dönemlerde kullanılan ahşap malzemeyi dayanıklı yapan, uygulayıcıların ustalığı ve malzemeyi çok iyi tanıyor olmasıdır. Çünkü geleneksel olarak ahşabın korunması; doğru malzeme seçimi, doğru uygulama ve kuru tutma prensibine dayanmaktadır.

Geleneksel yapılarda ahşap, sadece yapıları süslemek için kullanılan bir aksesuar değil, yapı taşı niteliğindedir. Bugünse, ahşabın yapı sektöründe yeterince tanınmaması ve yanlış uygulamalar sonucu çok kısa ömürlü hale getirilmiş olması, sadece dekoratif bir malzeme olarak kabul görmesine neden olmuştur. Ahşabın ideal bir yapı malzemesi olduğu unutulmaya başlamıştır. Sadece dekoratif bir unsur olarak görüldükçe de araştırmaya, üzerinde çalışılmaya ve geliştirilmeye gerek duyulmamıştır. Böylece yanlış uygulamalar, yanlış koruma yöntemleri daha da artmış ve bir kısır döngü oluşmaya başlamıştır. Ahşap malzemenin daha iyi tanınabilmesi, daha doğru uygulamalarda kullanılabilmesi için öncelikle bir aksesuar olarak değil bir yapı malzemesi olarak görülmesi gerekir. Ancak kullanılan ve talebi olan malzemelerin geliştirilmesi mümkündür. Kullanılmayanlarla ilgili bilgilerse, unutulmaya yüz tutacaktır. Ahşap malzeme ancak kullanıldıkça geliştirilecek, bu konuda çalışan enstitüler, laboratuarlar ve okullar artacaktır. Bilgi kaynakları çoğaldıkça ve paylaşıldıkça ahşap daha doğru uygulamalarda kullanılacak ve değer kazanacaktır.

Ahşap yapıların inşasında ve restorasyonunda bugün yaşanan bu sorunların temelinde mimarlık, restorasyon ve koruma alanlarıyla ahşap mühendisliği arasındaki kopukluk bulunmaktadır. Restorasyon teorilerinde önemi her zaman vurgulanan çok disiplinlilik, uygulamada çoğu zaman atlanmaktadır. Ahşap malzemeyi iyi tanıyan mühendislerin restorasyon alanından kopuk olması; yanlış ahşap seçimi, seçilen malzemenin hatalı konstrüksiyonlarla uygulanması ve yanlış kimyasalların bilinçsizce tüketilmesi gibi önemli sorunları beraberinde getirmektedir. Bunun sonucunda restorasyonla birlikte, özgün ahşap elemanlar onarılmak yerine hoyratça değiştirilmekte, ya özgünlüğünü kaybeden ya da teknik hatalarla dolu çok sayıda yapı karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle restorasyon alanında mimarlar ve malzeme uzmanlarının işbirliği içinde çalışması çok önemlidir. Restorasyon alanında yapılan bir doktora tezi olarak, araştırmada ahşap konusunun seçilmesinin ana nedeni de budur.

Ahşap yapıların bozulmasına neden olan çevre koşulları, yapısal özelliklerden kaynaklanan sorunlar, insanların olumsuz tutumu gibi çeşitli faktörler arasında en yaygın ve tahrip edici olanı biyolojik bozunmalardır. Organik bir madde olan ahşap, biyolojik zararlılar için çok uygun bir besin kaynağı ve barınma ortamıdır. Bütün

dünyada yaygın olarak görülen bu ahşap tahripçilerinin kontrol altına alınması ise oldukça güçtür. Ahşaba zarar veren çok sayıda böcek, mantar, bakteri türünün olması ve bu biyolojik tahripçilerin bulaşıcı özellikte olması, bazı biyolojik sorunları kıtalar arasına taşıyabilmektedir. Her bir tür için uygulanması gereken koruma yönteminin farklılık göstermesi, bazı türlerin ideal olmayan koşullarda bile canlılığını sürdürmesi, koruma amaçlı uygulanan kimyasallara zamanla uyum gösterebilmeleri ve üreme hızlarının çok yüksek olması mücadeleyi daha da güçleştirmektedir.

Türkiye'de ahşap korumaya yönelik ilginin az olması, yapılan mevcut çalışmaların dünya standartlarına göre yetersiz olması ve laboratuar eksikliği biyolojik zararlılarla mücadeleyi zorlaştıran bir başka unsurdur. Yapılara zarar veren mantar ve böcek türlerinin laboratuar ortamında incelenmesi; zaman içinde geliştirdikleri özelliklerin, kimyasallara karşı tepkilerinin araştırılması, ahşap koruma açısından çok önemlidir. Yanlış kimyasal ve koruma yöntemleri yüzünden mücadele daha da içinden çıkılmaz bir duruma gelebilmektedir. Tam da bu noktada, "yeni malzemelerde mucizevi çözümler sunan emprenye işlemleri, eski malzemeye de uygulanabilir mi?" sorusu ortaya çıkmaktadır. Ağaç işleri sektöründe çalışan uzmanların, araştırmalarını yeni malzemenin korumasına yoğunlaştırmış olmaları, çoğu zaman bu soruyu yanıtsız bırakmaktadır. Buna rağmen, birçok yapıda yüzeysel yöntemlerle ve piyasadan alınan çeşitli kimyasallarla emprenye sayılabilecek uygulamalar yapılmaktadır. Oysa eski eserlere yerinde uygulanan emprenye işlemleri, artıları ve eksileri olan dolayısıyla yapıya getirileri ve götürüleri ciddi olarak tahlil edildikten sonra uygulanması gereken ve geri dönüşü hiç de kolay olmayan işlemlerdir.

Teknolojinin ve kimya endüstrisinin nimetlerinden yararlanırken, asıl önemli olanın malzemeyi iyi tanımak olduğunu unutmamak gerekir. Malzemeyi iyi tanımak, doğru yerde doğru malzemeyi doğru işleyerek ve doğru konstrüksiyonla kullanmak, ahşap yapıların korunmasında daha yararlı bir adım olarak düşünülmektedir. Hiçbir kimyasal uygulanmamış ahşap yapılar, yüzlerce hatta bazen binlerce yıl ayakta dururken, teknolojinin olanaklarından yararlanarak ürettiğimiz, yüzyılımız yapıları neden on sene içinde kullanılamaz hale geliyor? Hangi yapıda hangi ağaç türü kullanılmalı? Ağacın hangi tabakaları (örneğin; öz

odunu, diri odun, köke yakın kısımlar) nerede değerlendirilmeli? İşlenmeden önce ahşap ne kadar kurutulmalı? Yağmur suyunu tutmaması için nasıl konstrüksiyon kazandırılmalı? Nasıl birleştirme yöntemleri kullanılmalı? Daha uzun süre dayanabilmesi için hangi doğal ya da yapay koruyucularla desteklenmeli? Restorasyonda yukarıdaki sorularla birlikte, bir ahşap malzeme kullanılmadan önce "hangi ağaç hangi böcek ya da mantar türüne karşı daha dayanıksızdır", "bu durumda nasıl önlemler alınmalı" gibi birçok sorunun yanıtı da aranmalıdır. Bu çalışmada amaç, sözü edilen konulardan veya sorulardan hiç olmazsa birini ele alarak, bu alanda yapılacak benzer çalışmalara katkıda bulunmaktır.

Bu tez çalışmasının ilk bölümünde, ahşap koruma açısından en önemli unsur olarak gördüğümüz malzemeyi tanıma unsuru üzerinde durulmuştur. Bu amaçla, öncelikle ahşabın yapısı, özellikleri, çeşitli faktörler karşısındaki davranışları, zayıf ve güçlü yanları irdelenmiştir. Ardından ahşabın bozulmasına neden olan etmenler ve onlarla mücadele yöntemlerine yer verilmiştir. Son olarak da, geleneksel ve çağdaş koruma yöntemleri anlatılmıştır. Yeni malzemeler üzerinde başarıyla uygulanmakta olan emprenye yöntemleri ve emprenye maddeleri ile ahşap yapıların restorasyonuda uygulanabileceği düşünülen yerinde emprenye teknikleri ele alınmıştır.

Deneysel aşamada ise, ahşap malzemeye kullanım öncesi uygulandığında çok etkili sonuçlar veren çağdaş emprenye tekniklerinin, tarihi yapılardaki ahşap malzeme üzerindeki etkinliğini belirleyerek, bu yapıların restorasyonunda yerinde emprenye tekniklerinin uygulanabilirliğinin araştırılması hedeflenmiştir. Bunun için, Tekirdağ evleri örneğinde, ahşap yapıların biyolojik bozulmaları ile çözüm için kullanılabilecek emprenye yöntemleri ve maddeleri araştırılmıştır. Emprenye işleminin, malzemenin mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini tespit etmek üzere, belirlenen kimyasal maddelerle ve yöntemlerle emprenye edilen numunelere mekanik testler yapılmıştır. Mekanik testlerin ardından numuneler biyolojik testlerden geçirilmiştir.

Mekanik ve biyolojik testler sonunda elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve eski ahşap malzemeye yerinde uygulanan emprenye işlemlerinin, malzemeye etkisi değerlendirilmiştir.

2. AHŞABIN YAPISI ve BOZULMA NEDENLERİ

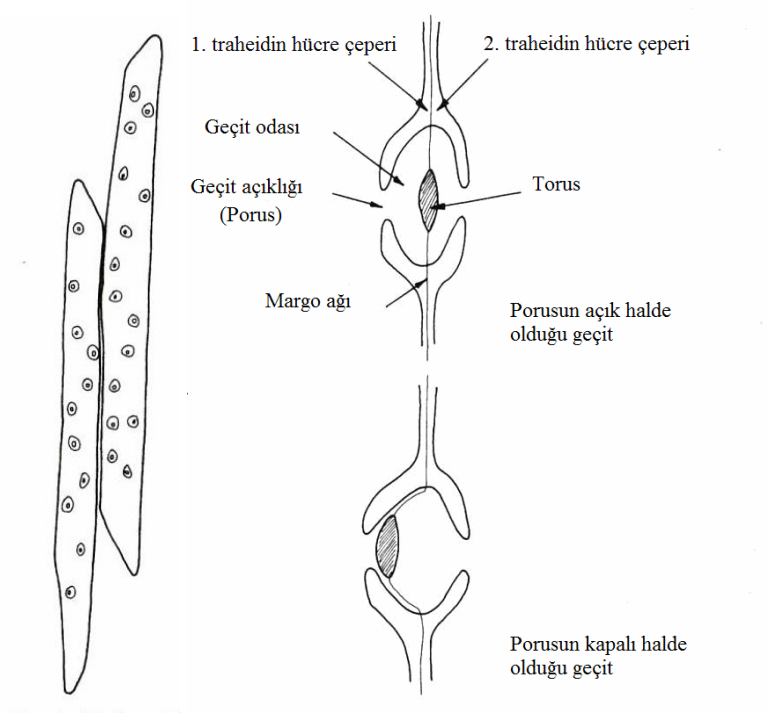
2.1. Ahşabın Sınıflandırılması

Dünya üzerinde yüzbinlerce çeşide sahip olan bitkiler temelde, "ilksel bitkiler" ve "gövdeli bitkiler" olmak üzere iki ana birlik içerisinde incelenmektedir. Bütün bitki bölümleri içinde, geleneksel mimari ve strüktürel kullanım açısından önem taşıyan ve "ahşap" adı altında değinilecek olan bölüm ise tohumlu bitkilerdir.

Tohumlu bitkiler sınıfında yer alan ağaçlar, açık tohumlular (*softwood*, *gymnospermae*) ve kapalı tohumlular (*hardwood*, *angiospermae*) olmak üzere iki ana gruba ayrılarak incelenmektedir. Bu ayrım, tohumu taşıyan karpel ya da tohum pulu adı verilen metamorfize olmuş yaprakların, açık kaldığına ya da iki yan kenarları ile birleşerek pistili meydana getirip getirmediğine göre yapılmaktadır (Aslan, 1994). Açık tohumlu ve kapalı tohumlu ağaçların anatomik yapıları arasındaki farklar, ahşap malzemenin yapısal özelliklerinin de farklı olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle bu ahşap malzemelerin doğal dayanıklılık, sertlik, ağırlık, yıllık halka yapısı gibi pek çok özelliği birbirinden farklıdır.

2.1.1. Açık tohumlular

Açık tohumlular, genel olarak birbirine benzer ve basit bir yapıya sahiptirler. Açık tohumluların ana elemanları; yarıçap yönünde uzanan öz ışınları ve boyuna yönde uzanan traheidlerdir. Öz ışınları depolama görevini üstlenmişlerdir. Traheidler ise, çeperlerinde bulunan geçitler sayesinde iletimi sağlarken, aynı zamanda destek işlevini yerine getirmektedir (Şekil 2.1). Bu ana elemanlar dışında ayrıca reçine kanalları, boyuna paranşim hücreleri ve epitelyum hücreleri bulunmaktadır.



Şekil 2.1. Açık tohumlularda traheidler ve geçitler (Ridout, 2004)

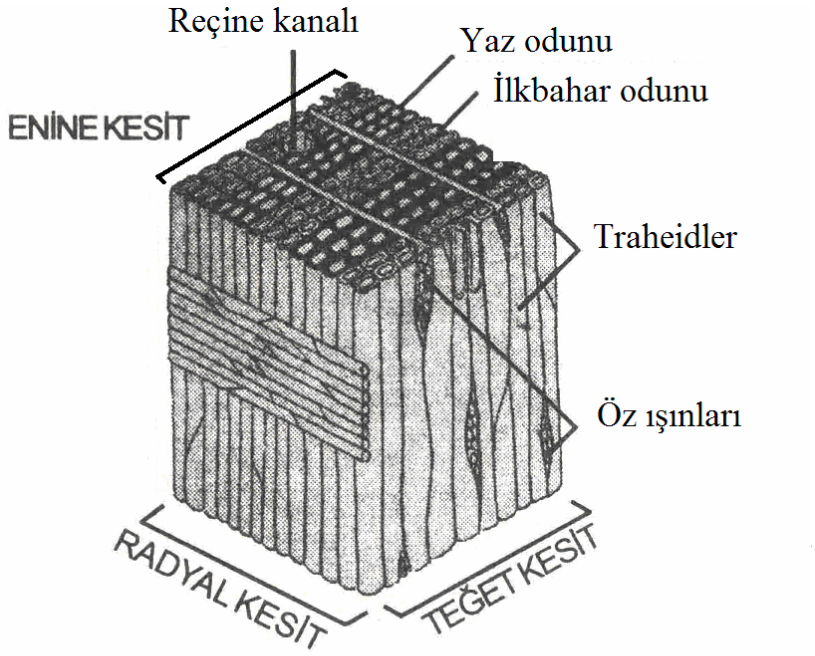
Açık tohumlularda yıllık halkalar genellikle çok belirgindir. Bunun nedeni, yıllık halkayı oluşturan ilkbahar ve yaz odunu zonunun birbirinden çok farklı olmasıdır. İlkbahar traheidleri büyük çaplı, geniş lümenli[1] ve ince çeperlidir. Yaz traheidleri ise kalın çeperli hücrelerdir (Şekil 2.2.).

Açık tohumlular, istisnalar dışında daima yeşil ve iğne yapraklı olan çam, göknar, ladin, sedir, ardıç gibi ağaçlardan oluşurlar. Bu bitkilerde gerçek meyve oluşumu gözlenmez. Bütün türleri odunsudur.

Açık tohumlular strüktürel amaçlarla kullanılmaya elverişlidirler. Genellikle çalışması az olduğundan mobilya üretiminin yanısıra kapı-pencere, deniz taşıtları, inşaat malzemesi, ambalaj sandığı, tarım aletleri ve ahşap direk gibi dış yüzeylerde de kullanılmaktadırlar. Ayrıca bazı türler kontrplak, yonga levha, lif levha gibi ahşap kökenli levhaların elde edilmesinde, kâğıt sanayiinde ve kurşun kalem, baston, müzik aletleri gibi gereçlerin yapımında kullanılmaktadır. Gelenkesel Türk Evlerinde cephe kaplaması ve strüktürel yapı elemanı olarak çam, göknar gibi açık tohumlu türler sıkça tercih edilmiştir.

---

[1] Lümen: Hücre zarı ile çevrili; canlı hücrelerde protoplasma, ölü hücrelerde ise hava, su ve boşaltım maddesiyle dolu olan hücre içi boşluklar (Aslan, 1994).

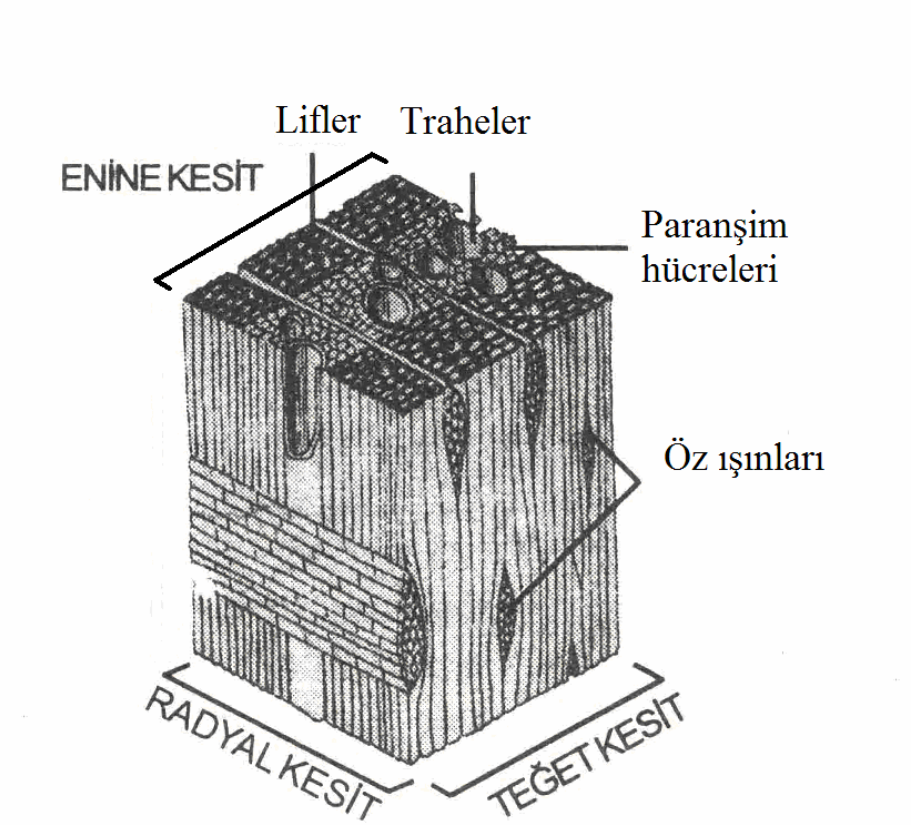


Şekil 2.2. Açık tohumlularda hücrenin mikroskopik yapısı (Duygun, 2005)

2.1.2. Kapalı tohumlular

Kapalı tohumlular, açık tohumlulara göre daha karmaşık bir yapıya sahiptirler. Ana elemanları; traheler, lifler, odun paranşimi ve öz ışınlarıdır. Ahşapta eksen yönünde uzanan iplikçikler halinde bulunan traheler iletim yapmaktadırlar. Lifler ise tipik destek dokularıdır. Ancak, geçitli zar yapılarından dolayı az miktarda su iletimi de yapabilmektedirler. Kapalı tohumlularda, paranşim hücreleri açık tohumlulara göre daha fazladır. Öz ışınları ise, morfolojik olarak aynı tip hücrelerden meydana gelmiş olsalar da, oluşum tiplerine ve hücre içinde bulundukları yerlere göre çeşitlilik göstermektedirler. Öz ışınları ve paranşim hücreleri depolama görevini üstlenmiş hücrelerdir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Kapalı tohumlular geniş yapraklı ve genellikle kışın yapraklarını döken kayın, meşe, gürgen, kestane, karaağaç, kızılağaç, dışbudak, akçaağaç, ıhlamur, ceviz ve kavak gibi ağaçlardır. Odunsu türlerinin yanı sıra otsu türleri de vardır. Gerçek meyve oluşumu sadece bu bitkilerde meydana gelmektedir.



Şekil 2.3. Kapalı tohumlularda hücrenin mikroskopik yapısı (Duygun, 2005)

Genellikle dekoratif amaçlı kapı ve pencere panelleri, mobilya döşeme ile tavan, duvar ve zemin dekorasyonlarında kullanılırlar. Dekoratif görünümleri nedeniyle kaplamacılıkta tercih edilirler. Bazı türlerin kendine özgü kullanım alanları da vardır. Geleneksel Türk Evlerinde en çok kullanılan türleri, yüksek doğal dayanıklılığı ve özellikle Batı Karadeniz Bölgesindeki yaygın yetişme alanı nedeniyle kestane ve meşedir.

2.2. Ahşabın Oluşumu ve Yapısı

Ahşap organik orijinli maddelerden oluşmuş bir malzemedir. Ahşabın yapıtaşını oluşturan bileşikler ağırlıklı olarak karbon, oksijen, hidrojen ve azot içermektedir. Bu elementlerin yüzdeleri türlere göre değişiklik gösterebilmektedir. Ortalama değerleri ise Çizelge 2.1.'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. Ahşabın elementer yapısı (Bozkurt ve Erdin, 1997).

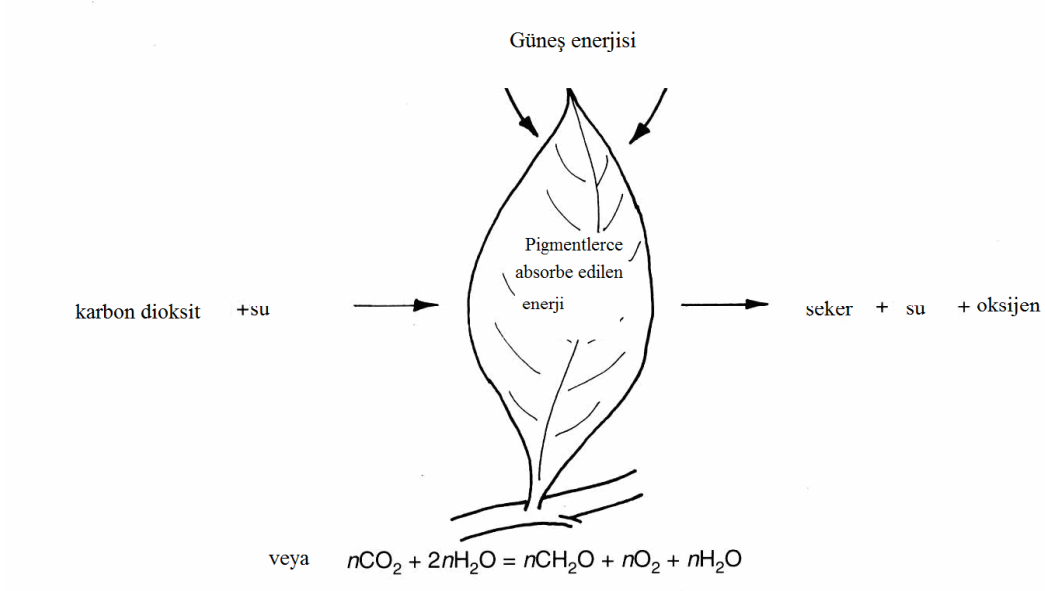
Elementler	Kuru Ağırlık (%)
Karbon	50
Hidrojen	6
Oksijen	43
Azot	az miktarda

Ağaçlar; ışık, hava ve topraktan aldıkları mineral tuzlar yardımıyla büyümekte ve gelişmektedir (Şekil 2.4). Bu gelişme, önce gövdede daha sonra dallarda meydana gelmektedir.

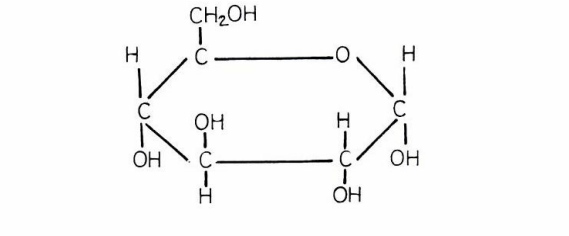
Atmosferden alınan karbondioksit ve topraktan alınan su, güneş ve klorofil yardımıyla basit bir şeker olan glikoza dönüştürülmektedir. Fotosentez olarak da adlandırılan bu tepkime aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Karbondioksit + su = karbonhidrat + su + oksijen

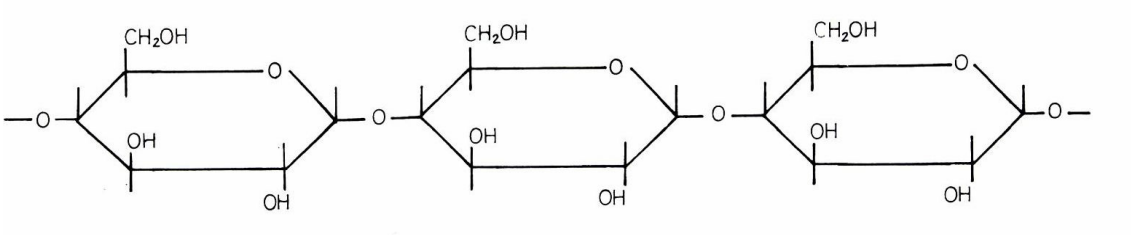
$nCO_2 + 2nH_2O \rightarrow nCH_2O + nO_2 + nH_2O$



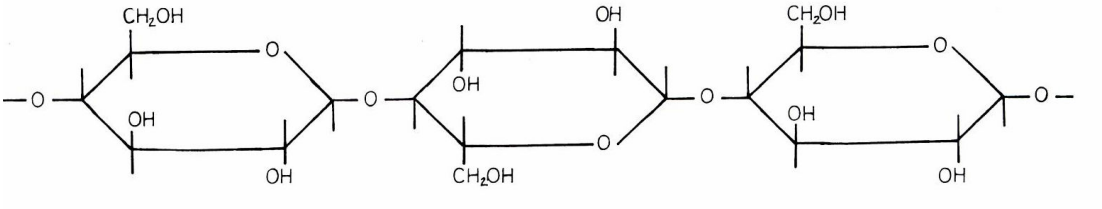
Şekil 2.4. Bitkilerde glikoz üretimi (Ridout, 2004)



Glikoz



Nişasta



Selüloz

Şekil 2.5. Glikoz, nişasta ve selüloz zincirleri (Siau, 1995).

Fotosentez olayı sonucu oluşan nCH_2O formasyonu, basit bir şeker olan glikozu ifade etmektedir. Glikoz moleküllerinin bir araya gelerek polimerler oluşturması sonucu ise, moleküllerin yönüne bağlı olarak nişasta ya da selüloz oluşmaktadır (Fengel ve Wegener, 1984). Bir başka deyişle glikozun polimerizasyonu ve su kaybetmesi sonucu selüloz oluşmaktadır ($C_6H_{10}O_5$). Selüloz, ahşap hücresinin yapı iskeletini oluşturan bir organik maddedir (Aslan, 1994).

$$n(C_6H_{12}O_6) - n(H_2O) \rightarrow n(C_6H_{10}O_5)$$

Nişasta ve selüloz aynı moleküllerden meydana gelmiş olsalar da oldukça farklı özelliklere sahiptirler. Selüloz yaklaşık 8000 ila 10000 glikoz molekülünün çok sağlam ve düzenli zincirler halinde birleşmesi ile oluşmuştur (Siau, 1995). Selüloz, ağacın

türüne göre değişmekle birlikte, yaklaşık olarak ahşabın %40-60'ını oluşturmaktadır. Bu nedenle odunsu hücrelerin yapıtaşı olarak kabul edilmektedir.

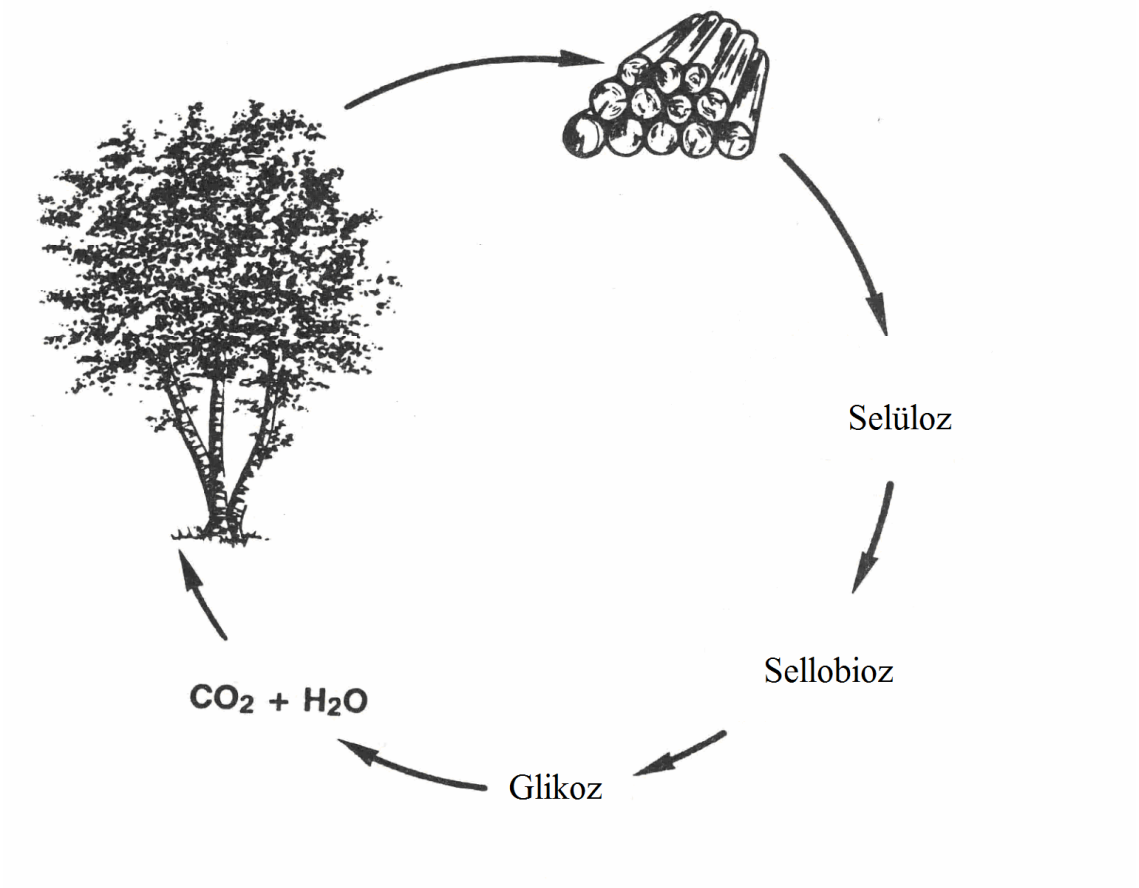
2.2.1. Yapısal polimerler

Ahşabın kimyasal yapısı, türe göre farklılıklar göstermektedir. Hatta aynı ahşap türünün ilkbahar odunu ve yaz odunu ile diri odunu ve öz odunu, kabuğu ve merkezi arasında bile önemli kimyasal farklılıklar vardır. Ancak, ahşabın kimyasal yapısına genel olarak bakıldığında, esas bileşenler ve yan bileşenler olarak bir sınıflandırma yapmak mümkündür.

Odunsu hücre C, H ve O'nin çeşitli kombinasyonlarda birleşmesiyle oluşan selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşmaktadır. Selüloz ahşabın en önemli bileşiğidir. Ahşabın kuru ağırlığının hemen hemen yarısı selülozdan oluşmuştur. Hemiselüloz ve lignin oranları ise ağaç türleri arasında değişiklik göstermektedir. Ahşabın % 90'ından fazlasını meydana getiren bu bileşiklere ilave olarak birçok organik ve inorganik madde hem çeper üzerine hem de hücre lümenine yerleşmiştir. Bu yan bileşiklerin hepsine ekstraktif maddeler adı verilmektedir. Organik esaslı ekstraktif maddeler içerisinde tanenler, uçucu yağlar, reçineler, sakız, lateks, alkoloidler, nişasta ve renk maddeleri sayılabilir. İnorganik esaslı ekstraktif maddeler ise silis ve kalsiyum tuzlarıdır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

2.2.1.1. Selüloz

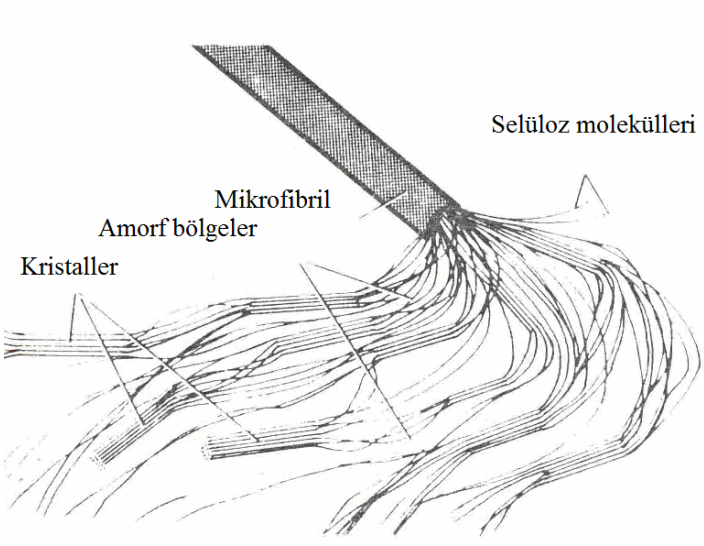
Ağaçlar, kökleri ile topraktan aldıkları suyu ve yaprakları ile havadan aldıkları karbondioksidi güneş ışığı yardımıyla birleştirerek fotosentez olayını gerçekleştirirler. Fotosentez işlemi sonucunda glikoz ve basit şekerler üretilirken, oksijen açığa çıkmaktadır (Şekil 2.4). Üretilen bu maddeler ağaçlarda odun, kabuk ve yaprak oluşumunda kullanılmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Doğada karbon döngüsü ve ahşap üretimi (Bozkurt ve Erdin, 1997)

Selüloz ahşabın %40-60'ını teşkil eden ve hücre çeperinin yapı iskeletini oluşturan organik maddedir (Goring ve Timell, 1962). Karbon, hidrojen ve oksijenden oluşmaktadır ($C_6H_{10}O_5$). Mikrokristalin yapıdadır. Selüloz zincirleri (Şekil 2.5.), çok sayıdaki hidroksil grupları vasıtasıyla, diğer selüloz zincirlerine bağlanarak ve demetler halinde bir araya gelerek mikrofibriller oluşturmuşlardır (Şekil 2.7). Bu, yaklaşık 8000-10000 glikoz molekülünün birleşmesiyle meydana gelen oldukça stabil bir oluşumdur (Siau, 1995).

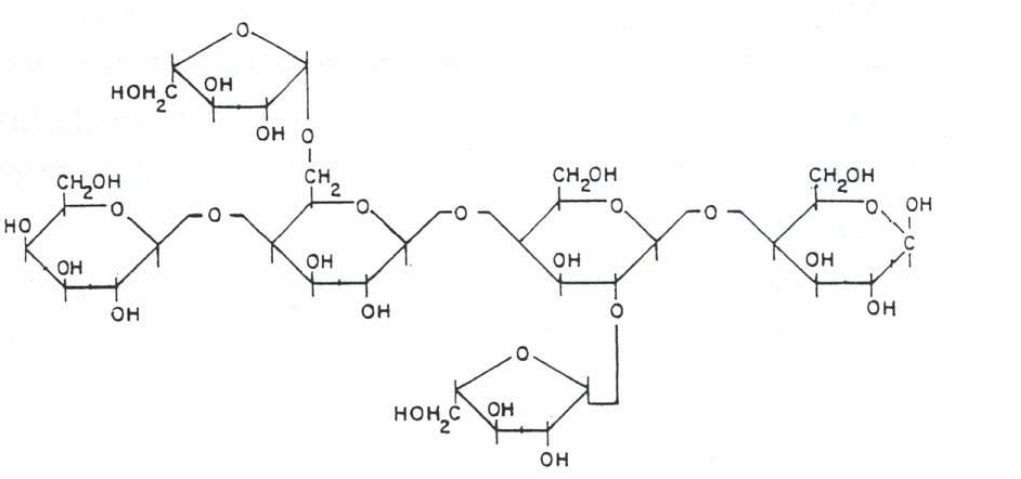
Kristalli kısımlarda, selüloz zincirleri hidroksil grupları ile birbirlerine sıkıca bağlı olduğundan ve böylece açıkta OH grubu bulunmadığından, bunların içine su giremektedir. Amorf kısımlarda ise moleküllerin belirli bir yerleşim düzeni yoktur. Dış etkiler burada değişikliğe ve reaksiyonlara yol açarlar. Su ve hidrojen bağları vasıtasıyla, selüloz, higroskopik bir madde özelliği gösterir. Ahşabın rutubet değişik1iği karşısında daralmasına ya da genişlemesine, selüloz zincir moleküllerinde bulunan serbest hidroksil grupları neden olmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).



Şekil 2.7. Selüloz mikrofibrillerin yapısı (Bozkurt ve Erdin, 1997)

2.2.1.2. Hemiselüloz

Ağaçların fotosentez olayı ile ürettiği glikoz primer bir şekerdir. Glikozla birlikte, yapraklarda galaktoz ve mannoz gibi altı karbonlu ve ksiloz ve arabinoz gibi beş karbonlu şekerler de üretilmekte ve hemiselüloz oluşturulmaktadır. Hemiselüloz, yapısı ve kapalı formülü bakımından selüloza benzemekle beraber, çeşitli şeker birimlerinden meydana gelmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Hemiselüloz (Siau, 1995)

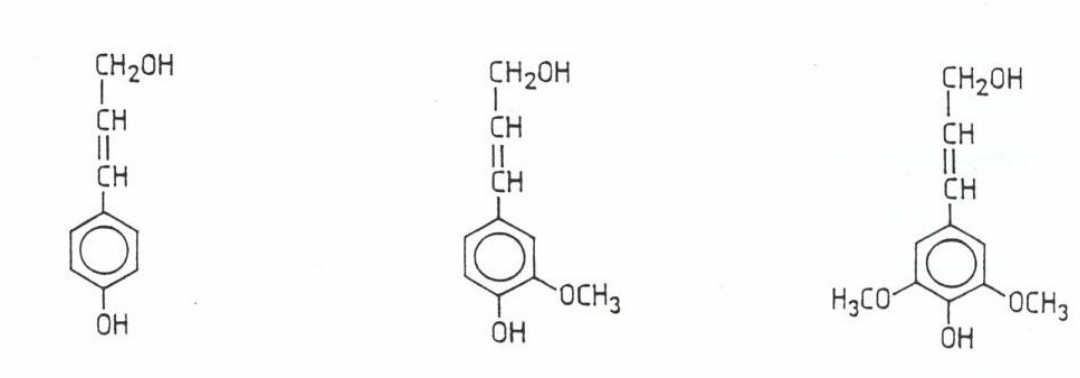
Hemiselüloz ahşabın yaklaşık %15-30'unu teşkil etmektedir. Bu oran ağacın açık tohumlu (iğne yapraklı) ya da kapalı tohumlu (geniş yapraklı) olmasına göre değişmektedir. Geniş yapraklı ağaçlar, hemiselüloz ve selülozca daha zengindir. Genel olarak açık tohumluların ortalama %20-30'u, kapalı tohumluların ise %25-40'ı hemiselülozdan oluşmaktadır (Siau, 1984).

Selülozlar gibi hücre çeperinde bulunduğu bilinen ancak selüloz yapısında olmayan hemiselülozlar, iğne yapraklı ağaçlarda ksilanlar (ksiloz, arabinoz, metilglukronik asit) ve yapraklı ağaçlarda galaktoglukomannanlar (galaktoz, mannoz) şeklinde bulunurlar ve mikrofibril oluşturmazlar. Bunlar, selülozdan daha kısa zincirler halinde bulunurlar (Siau, 1995). Ahşaptan, kağıt hamurundan ve holoselülozdan (selüloz+hemiselüloz) ekstrakte edilebilirler.

2.2.1.3. Lignin

Lignin, fenil propan birimlerinin değişik kombinasyonları sonucu oluşan yüksek molekül ağırlığında kompleks bir polimerdir. Açık tohumlu ligninleri ile kapalı tohumlu ligninleri arasında farklılıklar bulunmaktadır (Adler, 1977).

Lignin; karbon, hidrojen ve oksijenden oluşmasına rağmen ne bir karbonhidrattır ne de bu sınıfa giren bir bileşiktir (Şekil 2.9). Esas itibariyle fenolik yapıda bir madde olan lignin, oldukça stabil olduğundan güç izole edilebilmektedir.



Şekil 2.9. İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçlarda Fenil propan birimleri (Adler, 1977)

Lignin hücreler arasında ve hücre çeperinde yerleşmiştir. Hücreler arasında onları birleştiren bir madde olarak bulunmaktadır. Hücre çeperinde ise hücreye sertlik veren, mukavemet kazandıran bir rol oynamaktadır. Lignin, basıncı stabilize eden, rutubet karşısında şişmeyi ve boyutsal değişmeyi azaltan bir maddedir. Ayrıca çürümeye ve böceklenmeye karşı, malzemeye dayanıklılık kazandırmaktadır. Ahşabın %20-30'unu oluşturmaktadır. Bu oran açık tohumlularda ortalama %25-30, kapalı tohumlularda ise %20-25'dir (Siau, 1995). Aynı ahşap malzemenin yaz odunu hücre çeperleri, ilkbahar odununa göre daha fazla lignin içermektedir. Tüm hidroksil grupları su ile bağ oluşturmadığından, higroskopisiteleri azdır ve selüloz bileşiklerinden daha dayanıklıdırlar (Bozkurt ve Erdin, 1997).

2.2.2. Yan bileşenler

Ahşap içinde esasını organik maddelerin oluşturduğu, çeşitli ayrıştırılabilir maddeler bulunmaktadır. Ekstraktif madde olarak da adlandırılan bu bileşikler hücre lümenine ve çeperine depo edilmiştir. Ancak, esas hücre çeper maddeleri olan yapısal polimerlerle ilişkileri yoktur. Ahşaptan sıcak veya soğuk su, alkol, benzen, aseton, eter gibi maddeler yardımıyla çıkartılabilmektedirler (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Reçine, eterik yağlar, karbonlu hidrojenler, tanen, boyar maddeler, pektin, nişasta, protein, organik asitler, anorganik tuzlar, kül ve azot en önemli ekstraktif maddelerdir. Hücre çeperi üzerinde ya da lümeninde bulunan bu maddeler, ahşabın koku, renk, özgül ağırlık, sertlik gibi birçok karakteristik özelliğini etkilerler (Fengel ve Wegener, 1984). Bu nedenle, türlerin ayırt edilmesinde önemli bir rol oynamaktadırlar. Mantar ve böceklere karşı koruyucu etki yaparak bazı ağaçlara doğal dayanıklılık kazandıran zehirli maddeler de bu ekstraktiflerdir. Bu maddeler, doğrudan ya da çeşitli işlemlerden geçtikten sonra değişik endüstri kollarında (ilaç sanayii, dericilik, kozmetik, tarım, kimya endüstrisi vb) yaygın olarak kullanılmaktadır.

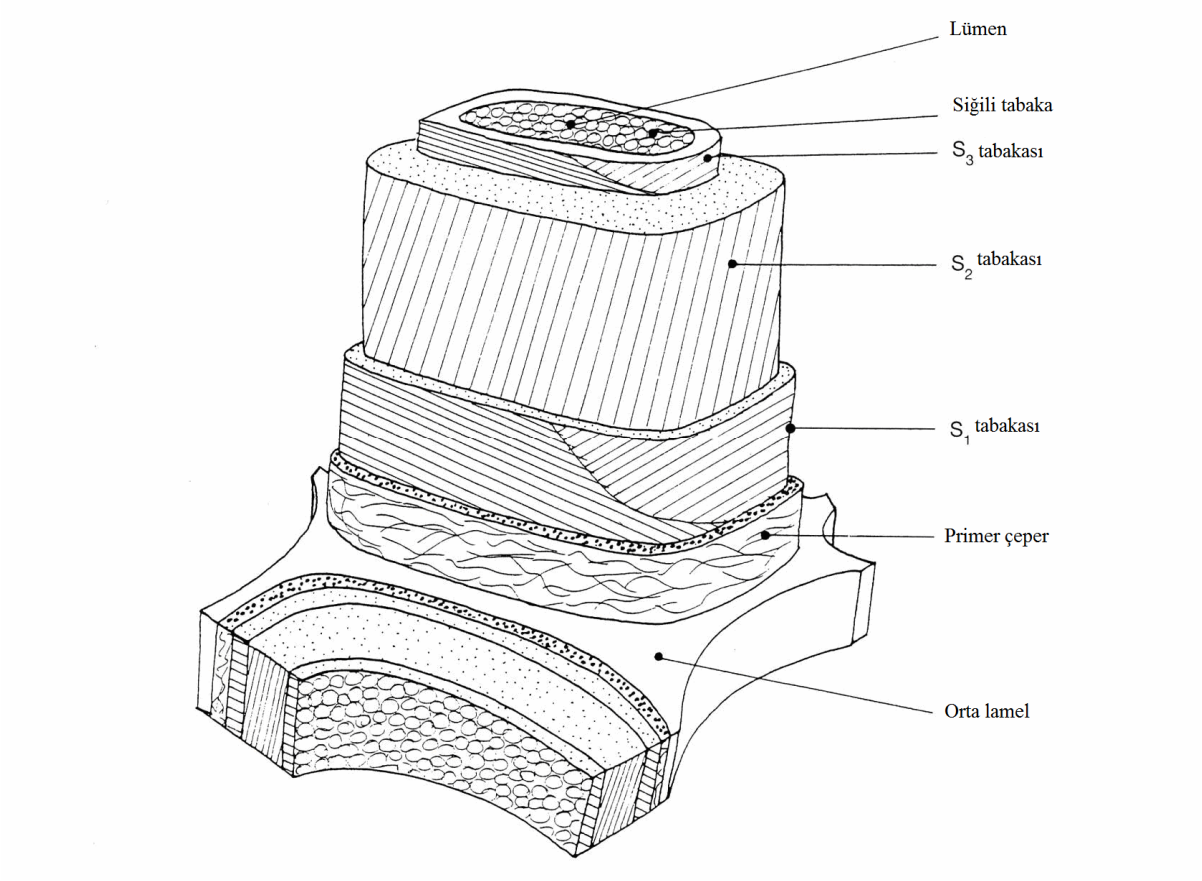
2.2.3. Hücre çeperi

Ahşabın yapısını oluşturan üç kompleks molekül; selüloz, hemiselüloz ve lignin hücre çeperinin de temel taşlarıdır. Çeperin içinde canlı hücrelerde protoplasma, ölü hücrelerde ise genellikle su, hava ve boşaltım maddesi ile doldurulmuş bir boşluk olan "lümen" bulunmaktadır (Şekil 2.10). Değişen oranlarda birbirine paralel seyreden selüloz mikrofibriller, hemiselülozdan bir kabukla çevrilmiş olarak, plastik bir yapıya sahip olan amorf lignin içerisine gömülü bir halde ve çeper yüzeyine pararel lameller içinde bir araya gelerek hücre çeperini oluşturmaktadır. Mikrofibriller hücre çeperinin çeşitli tabakalarında farklı ama belirli açılar altında yerleşmiş olarak bulunurlar. Bu durum hücre çeperinin esneklik kazanmasını sağlamaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Hücre çeperinin yapısı demirli bir beton duvarla özdeşleştirilecek olursa, duvarın demir kısımları selüloz mkrofibrillerine, beton kısmı ise lignine benzetmek doğru olacaktır. Malzemede, lignin maddesinin birikmesiyle birlikte odunlaşma gerçekleşmektedir (Kozlowski ve Pallardy, 1997).

Yeni oluşmuş bir hücre, zar şeklinde ve pektince zengin bir zar olan primer çeperle çevrilmiştir. Hücrenin oluşumu tamamlandıktan sonra, büyümeyle birlikte çeper de kalınlaşmaya başlamaktadır. Çeper kalınlaşması, yapısal polimerlerin çeper üzerinde depolanması ile meydana gelmektedir. Çeperin değişimi selüloz, hemiselüloz, lignin ve az miktarda protein ve lipitlerin birikmesiyle gerçekleşmektedir (Kozlowski ve Pallardy, 1997). Bu birikme gelişigüzel değil, belirli bir düzen içinde meydana gelmekte ve böylece primer çeperin ardından S1, S2 ve S3 katmanlarından oluşan sekonder çeper oluşmaktadır (Şekil 2.10.).

Primer çeper lignince daha zenginken, sekonder çeperde selüloz ve hemiselüloz oranında artış meydana gelmektedir. Ahşap malzemenin direnci üzerinde bütün kimyasal bileşikler etkili olmaktadır. Selüloz, özellikle S2 tabakasında boyuna yönde uzanan selüloz zincir molekülleri ve mikrofibrilleri yardımıyla liflere paralel çekme direncini artırmaktadır. Hemiselüloz ile lignin ise, hücreleri birbirine bağlayarak, selülozik iskelete desteklik vermekte ve yüksek elastikiyet ile yüksek basınç direnci sağ1amaktadır. Odunun rengi, kokusu, tadı, tutuşma kabiliyeti, fluoresans özelliği ve dayanaklılığı üzerinde ise ekstraktif maddeler etkili olmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).



Şekil 2.10. Hücre çeperi (Ridout, 2004)

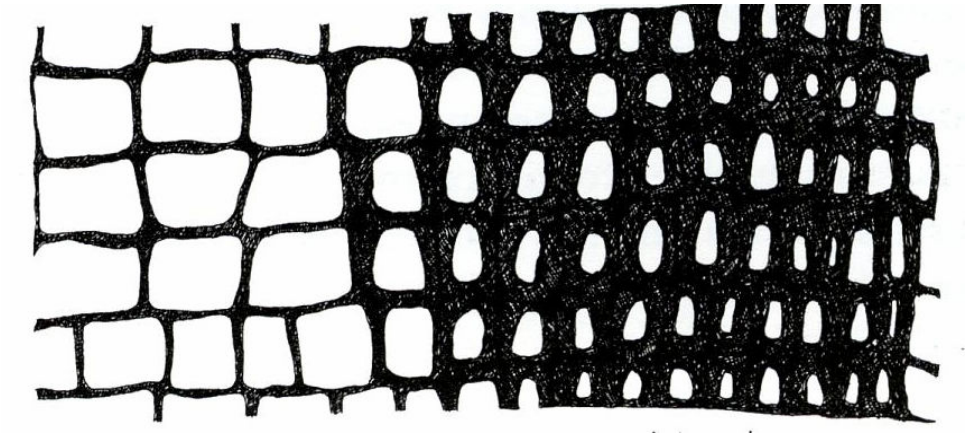
Hücre çeperlerinin oluşumu sırasında, yer yer kalınlaşmamış bölgeler bulunmaktadır. Hücreler arası madde alışverişini sağlayan bu bölgelere geçit adı verilmektedir. Geçitler iki hücre arasındaki deliklerden ibaret değildir. Arada geçit zarı adı verilen bir zar bulunmaktadır (Şekil 2.1) (Aslan, 1994).

Geçitlerin gelişimi henüz sekonder çeper oluşmadan önce başlamakta ve sekonder çeper oluştuğunda değişime uğrayarak şekillenmektedir. Böylece, bir ağacın canlılık sürecinde yaşamsal faaliyetleri için gerekli olan madde alışverişini sağlamaya yardımcı olmaktadır. Geçitler aynı zamanda kullanım yerinde ahşap malzemeye geçirgenlik sağlamaktadır. Bir ahşap malzemenin emprenye edilebilirlik özelliklerini belirleyen önemli faktörlerden biri de yine geçitlerin yapısıdır.

2.2.4. Yıllık halkalar

Yılık halkalar, kambiyum tabakasının bir vejetasyon dönemi içerisindeki faaliyeti sonucunda oluşan yıllık odun kısımlarıdır (Akkemik, 2004). Bir başka deyişle, gövde enine kesitinde özün etrafında az veya çok belirli, iç içe geçmiş halkalar şeklinde görülen oluşumlara yıllık halka ya da büyüme halkası adı verilmektedir. Bu yapısal durum, ağacın büyüme mekanizması sonucunda her yıl üretilen hücre tabakalarının, ağacın gövde şekline uygun olarak paraboller oluşturması ile meydana gelmektedir.

Odunsu bitkiler her sene yıllık halka oluşturarak çap yönünde kalınlaşmaktadır. Bu büyümeyi sağlayan eleman kambiyumdur. Tropik bölgeler dışında kambiyum yılın her mevsiminde aktif değildir. Büyümenin başlangıcı ve bitişi hem dış şartlar, hem de ağacın türüne göre değişmektedir. Büyümenin devam ettiği bu süreye vejetasyon mevsimi denilmektedir. Vejetasyon mevsimi genel olarak mart-ekim ayları arasındadır. Yıllık halkalar incelendiğinde, büyümenin hızlı gerçekleştiği ilkbahar odununda ince hücre duvarları, büyümenin yavaş olduğu yaz odununda ise kalın hücre duvarları olduğu görülür. Yaz odunu hücreleri aynı zamanda daha küçüktür. Bu durum yaz odununun daha koyu renkli, sert ve yoğun olmasına neden olmaktadır. Yaz odunu ile ilkbahar odunu arasındaki bu farklılık, yaş halkalarının ayırtedilebilmesini sağlamaktadır (Şekil 2.11.).



Şekil 2.11. İlkbahar ve yaz odununda hücre çeper kalınlıklarındaki farklılık (Ridout, 2004)

Açık tohumlu ağaçlarda ilkbahar ve yaz odunu tabakaları kolayca ayırtedilmektedir. Kapalı tohumlularda ise ilkbahar-yaz odunu sınırı her zaman belirgin olmayabilmektedir. Mevsimler arası farklılığın belirgin yaşanmadığı bölgelerde yetişen bazı tropik türlerde ise makroskopik olarak gözlenebilen yıllık halkalar yoktur.

Yıllık halkaların yapısı ve genişlikleri farklı türlere göre de değişik özellikler göstermektedir. Örneğin bazı türlerde, ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş daha netken bazılarında daha belirsizdir. Hızlı gelişen ağaç türlerinde, yıllık halka genişlikleri de genetik bir özellik olarak daha fazladır. Yıllık halkaların özellikleri, sadece türlere bağlı olarak değil, aynı tür içinde yaşam yerine, iklim şartlarına ya da ağacın yaşına bağlı olarak da değişebilmektedir (Akkemik, 2004). Bu farklılıklar ağacın türünün teşhisine ve yaşam öyküsünün tahmin edilmesine yardımcı olmaktadır.

Yıllık halka özelliklerinin belirlenmesi dikili ağaçlarda da mümkündür. Gövdeden ince bir kesit alınarak dendrokronolojik araştırmalarda kullanılmak üzere gerekli veriler elde edilebilmektedir (Resim 2.1.).

Yıllık halka araştırmaları sayesinde; eski yapıların tarihlendirilmesi, geçmiş iklim bilgilerinin saptanması, dünyada meydana gelen deprem, volkanik faaliyetler, buzul hareketleri ve yangınlar gibi önemli doğal olayların, tarihlerinin ve etkilerinin belirlenmesi, su olayları ile ilgili araştırmalar için veri elde edilmesi mümkün olmaktadır. Bu nedenle, sanat tarihi ve restorasyon uygulamaları için yıllık halkalar çok önemli bir veri kaynağıdır.



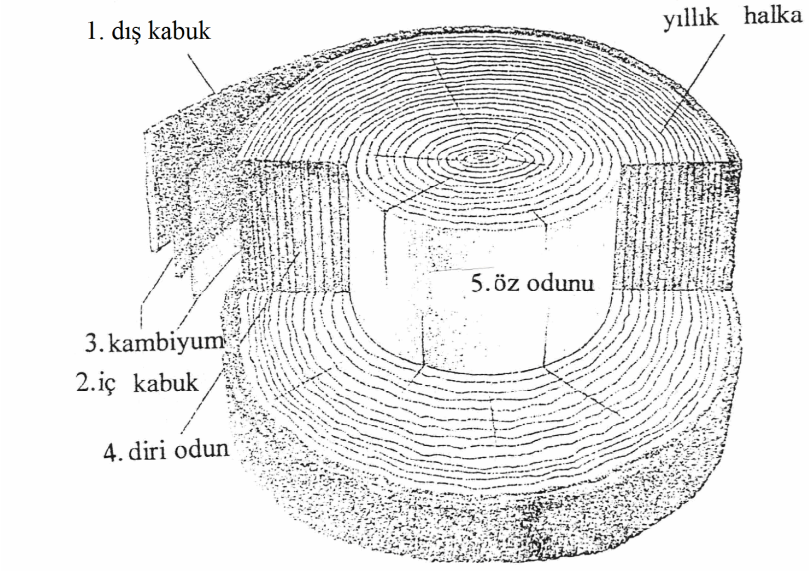
Resim 2.1. Dendrokronolojik araştırmalarda kullanılmak üzere dikili ağaçtan kesit alınması (Amstrong, 2000).

2.2.5. Makroskopik özellikler

Ahşabın gövdesinden bir kesit alınıp incelendiğinde, dıştan içe doğru dış kabuk, iç kabuk, kambiyum, diri odun (sapwood) ve öz odunu (heartwood) olmak üzere beş ayrı tabakadan oluştuğu görülmektedir (Şekil 2.12)

Gövdenin dış yüzü olan kabuk ahşap dokusunu altında saklamaktadır. Kabuk, her tür için ayrı özelliklere sahip olan, tür içinde de yaş ve ağacın yetişme alanı gibi faktörlere bağlı olarak değişik özellikler gösterebilen bir yapıdadır. Kabuk genel olarak, canlı bir katman olan iç kabuk ve canlılığını yitirmiş hücrelerden oluşan dış kabuktan oluşmaktadır.

İç kabuğun hemen altında canlı bir katman olan, kambiyum bulunmaktadır. Kambiyum hücreleri içe ve dışa doğru bölünerek büyümeyi sağlamaktadır. Bir başka deyişle her vejetasyon mevsiminde kambiyum tabakası yeni hücreler üreterek, gövdeye bir yıllık halka daha eklenmesini sağlamaktadır. Eklenen her yeni halka kendisinden önce gelen halkadan daha geniştir ve böylece ağacın çapı her sene artmaktadır.



Şekil 2.12. Gövde kesiti (Coggins, 1980)

Kambiyumun iç kısmında yer alan diri odun (*sapwood*) ise, su ve mineral iletimi gibi tüm yaşamsal faaliyetlerin gerçekleştiği canlı hücrelerden oluşmaktadır (Evans, 2000). Diri odun genellikle öz odununa göre daha açık renklidir. Hem mekanik etkilere karşı hem de biyolojik tahripçilere karşı dayanıklılığı öz odunundan daha azdır. Bu nedenle, yapılarda tercih edilmemesi gereken bir katmandır.

Gövde çapının büyümesiyle birlikte, gövdenin merkezine yakın hücreler canlılığını yitirmeye başlamaktadır. Bunun nedeni, iletim elemanlarının bu kısımlarda tıkanarak su ve besin iletimi yapamaz hale gelmesidir (Beckwith, 1998). Gövdenin öze en yakın tabakası olan öz odunu (*heartwood*) genellikle ağacın mekanik mukavemetini sağlayan kısımdır. Tüm biyolojik zararlılara ve mekanik etkilere karşı diri odundan çok daha dayanıklıdır. Yapılarda diri odun yerine öz odun kullanılması yapının dayanım süresini önemli ölçüde artırmaktadır.

Gövde kesitinin en içteki tabakası olan öz ise, fidan halindeki bir ağacın ilk gelişimi için gerekli besiyi sağlayan katmandır. İlk gelişim evresi tamamlandıktan sonra, öz hücreleri canlılığını yitirmektedir. Gövdenin diğer katmanlarına göre daha koyu renkli, daha serttir ve malzeme olarak teknolojik değeri daha düşüktür.

2.2.6. Ahşabın fiziksel özellikleri

Ahşap, bitkisel büyümenin sonucu gelişen doğal bir malzeme olması nedeniyle fiziksel, kimyasal ve biyolojik bazı mekanizmalarla parçalanarak kendisini meydana getiren temel maddelere geri dönüşmektedir (Hall, 1988). Doğaya zarar vermeden yok olması ve kaynağı yenilenebilen bir malzeme olması ahşabın en önemli özelliğidir. Ahşap, hafifliğine oranla direnç özellikleri fazla olan bir malzemedir. Sesi ve ısıyı iletmesi azdır. İşlenmesi, çivilenme ve birleştirilmesi kolaydır. Kimyasal maddelere karşı dirençlidir.

Doğal koyu renk, ahşapta genellikle yüksek dayanıklılığı ifade etmektedir. Çünkü öz odununda biriken tanen, reçine, boyar maddeler gibi ekstraktif maddelerin çoğu ahşabı çürüten mantarlara karşı dayanıklılık sağlamaktadır.

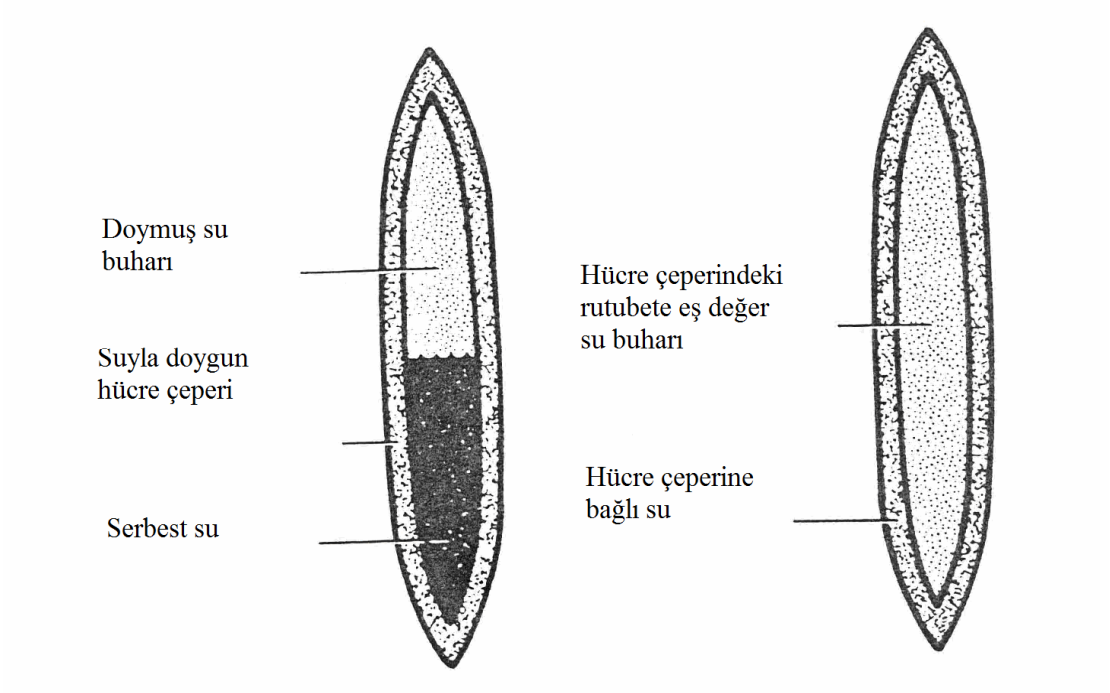
Ahşabın bir başka fiziksel özelliği olan özgül ağırlığı, aynı zamanda tür teşhisi için yardımcı olan özelliklerden biridir. Özgül ağırlık; hücre çeper maddesi miktarı, öz odunu ve ekstraktif madde miktarı ile rutubet miktarına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, karşılaştırma yapılırken aynı hacim ve rutubette olan örneklerin alınması gereklidir. Birimi kg/m^3 veya gr/cm^3 olarak ifade edilen özgül ağırlık çoğu kez yoğunlukla eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Açık tohumlu ahşap malzemelerin hava kurusu haldeki normal yoğunluğu, 350-550 kg/m^3 arasında, kapalı tohumlu ahşap malzemelerin normal yoğunluğu ise 500-800 kg/m^3 arasında değişmektedir.

Ahşap ısıya dayanıklı bir malzemedir. Yoğunluğu arttıkça malzemenin organizmalara karşı direnci artmakta, yakmak ve ateşlemek zorlaşmaktadır. Tutuştuktan sonra çok yavaş yanması, önceden hesaplanabilen kömürleşme hızı, ısı yalıtım kabiliyeti ve ısı ile boyut değiştirmeme gibi özellikleri, yanıcı olmasına rağmen, ahşabı yangına karşı emniyetli bir yapı elemanı yapmaktadır (Hall, 1988).

Bu çok genel ifadeler dışında, ahşabın fiziksel özellikleri türlere göre önemli farklılıklar gösterdiğinden, genel değerler vermek güçtür. Örneğin lif uzunlukları, diri odun ve öz odunu renkleri, yıllık halkaların özellikleri, kabuk kalınlıkları, ağacın boylanma kapasitesi gibi fiziksel özellikler aynı cinsin farklı türlerinde, hatta farklı alt türlerinde bile önemli değişiklikler göstermektedir.

2.2.7. Ahşap ve su ilişkisi

Organik bir malzeme olan ahşabın yapısı, kütle ile hava ve sudan ibarettir. İçindeki su miktarına göre nem oranı belirlenmekte ve (%) olarak ifade edilmektedir. Bu oran, nemi ölçülen ahşabın içinde bulunan su miktarı ile tam kuru ağırlığının karşılaştırılması sonucu belirlenmektedir. Ahşap malzemenin ağırlığı, içinde bulunduğu havanın taşıdığı neme göre devamlı değişkenlik göstermektedir.



Şekil 2.13. Taze ve kuru haldeki ahşapta hücre içerisindeki su miktarı (Bozkurt ve Erdin, 1997).

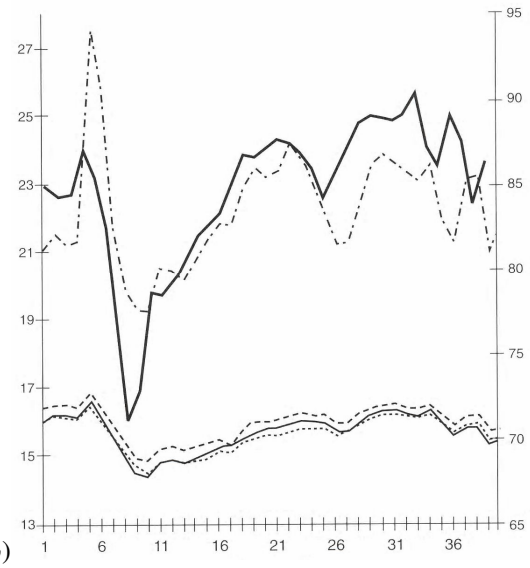
Ahşap higroskopik yapıda bir madde olduğundan, çevresindeki havanın rutubetine ve sıcaklığına bağlı olarak, bünyesine buhar halinde su alır ya da verir. Bu alışveriş, ahşap ile hava arasında bir rutubet dengesi (higroskopik denge) oluşuncaya kadar devam eder. Ahşabın bünyesine su alması genişlemesine, su kaybetmesi ise daralmasına neden olmaktadır. Buna kısaca "ahşabın çalışması" denilmektedir (Erten, 1988).

Ahşapta rutubet alışverişi sonunda oluşan denge rutubeti, çevredeki havanın sıcaklığına ve bağıl nemine göre (yörenin iklim koşullarına göre) değişiklik göstermektedir. Ahşap malzemelerde çalışmanın önlenmesi veya en aza indirilebilmesi, malzemenin kullanılacağı yerin iklim koşullarına uygun rutubet derecesinde işlenmesine bağlıdır. Çizelge 2.2.'de Türkiye'nin çeşitli illerinde, ağaç türüne ve ortamın bağıl nemine göre oluşan, denge rutubet değerlerine ilişkin örnekler verilmiştir (Topçuoğlu ve Erkan, 1986).

Çizelge 2.2. Ahşapta ağaç türü ve yörelere göre denge rutubeti değerleri (%) (Topçuoğlu ve Erkan, 1986).

Bölgeler	Kayın	Meşe	Ladin	Göknar	Çam
İzmir	9-13	8-12	10-16	10-15	9-15
Ankara	8-15	9-15	9-16	10-17	9-17
Bolu	10-16	9-15	10-18	9-18	9-17
İstanbul	9-19	10-15	12-18	10-18	9-18
Antalya	9-13	8-14	7-15	6-14	6-15
Diyarbakır	5-14	6-12	6-18	5-17	5-17

Nilsson ve Daniel (1990), tarihi yapılardaki ahşap elemanların fiziksel değişimleri üzerine yaptıkları araştırmada, ortamın nem değerine bağlı olarak ahşabın nem değerinin ne kadar arttığını Remote Sensing Sistemi ile ölçmüşlerdir. Bu değerleri yeni ahşap malzeme ile karşılaştırarak yaşa bağlı olarak ahşabın neme duyarlılığındaki değişimi gözlemişlerdir. Araştırmaya göre, ahşabın higroskopitesi ileriki periyodlarda da devam etmektedir. Ancak 600-700 yılın üzerindeki bazı ahşap malzemelerde, hücre yapılarında meydana gelen bozulmalardan ötürü normalden farklı değerler görülebilmektedir (Grafik 2.1.).



Ahşabın nem oranı (%) Çevrenin nem değeri (%)

Zaman (gün)

Grafik 2.1. Ortamın nem değeri ve ahşabın yüzey nemi arasındaki ilişki: (---)yeni meşe öz dunu; (—) 17.yy'a ait meşe; (- - -) 15. yy'a ait meşe; (—·—) 13.yy'a ait meşe; (——)çevrenin nem değeri (Nilsson ve Daniel, 1990).

2.3. Ahşabın Bozulma Nedenleri

2.3.1. Yapısal özelliklere bağlı bozulmalar

Organik bir malzeme olan ahşap, çevresel faktörler veya kullanım yeri koşullarının neden olduğu bozulmaların yanı sıra, yapısal özelliklerinden kaynaklanan bozulmalara da maruz kalabilmektedir. Bu sorunların her biri farklı genetik özellikler ya da çevresel koşulların da tetiklediği doğal oluşumlar sonucu meydana gelmektedir. Ahşabın kalitesi ve dayanım özellikleri üzerindeki etkileri ise değişebilmektedir. Bazı bünyesel sorunlar malzemenin özelliklerini önemli ölçüde etkilemezken, bazıları biyolojik ya da mekanik etkilere karşı zayıf hale getirebilmektedir. Bu bölüm, bünyesel kusurlar ve genetik özelliklerin belirleyici olduğu doğal dayanım olmak üzere iki başlıkta incelenecektir.

2.3.1.1. Bünyesel kusurlar

Ahşap doğru şekilde kurutularak ve koruma kurallarına uyularak işlense bile doğasından gelen bazı sorunlara sahip olabilen bir malzemedir. Bunlar, ahşabın doğasından kaynaklanan ve kullanılış yeri için sınırlayıcı olan anormalliklerdir. Bu kusurlar kimi zaman sadece işlemeyi güçleştirici ya da kaliteyi düşürücü boyutta, kimi zaman da ahşabın kullanımını tamamen engelleyecek kadar büyük boyutlarda olabilmektedir.

Budaklar

Budaklar ağaç gövdesine, ana ekseni etrafında büyüyerek dâhil olan dallardır. Ağaç gövdesindeki bir dalın dip kısmı her geçen yıl oluşan yıllık halkalarla ağaç gövdesine gömülerek, gövdede dairesel bir oluşum meydana getirmektedir (Resim 2.2.). Bu oluşum ahşabın teknolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilese de bazen dekoratif amaçlı kullanımlarda tercih edilebilmektedir.



Resim 2.2. Budakların makroskopik görünüşü (www.ogm.gov.tr)

Budaklar şekil olarak daire, oval ya da kanat biçiminde olabilmektedir. Büyüklük olarak ise nokta, küçük, orta, büyük şeklinde sınıflandırmak mümkündür. Ahşabın kalitesi üzerindeki etkileri ise budakların sayısı, şekli, büyüklükleri, düşen ya da kaynamış budak olmaları ile ilgilidir.

Kullanım yerinde zamanla budak çevrelerinde ayrılmalar oluşması ya da bazı budakların düşmesi sonucu, malzemenin biyolojik aktiviteye karşı daha zayıf hale gelmesi mümkündür. Ancak bu durum genellikle enfekte olma riski olan ortamlarda kullanılan malzeme için söz konusudur.

Reaksiyon Odunu

Bir ağacı normal büyüme durumu dışına doğru iten şartlar reaksiyon odununun meydana gelmesine neden olmaktadır (Aslan, 1994). Bunlar rüzgâr, yer çekimi, belli yönden gelen ışık gibi şartların ağcın belirli bölgelerinde meydana getirdiği koyulaşma ve kalınlaşma gibi değişikliklerdir. İğne yapraklı ağaçlarda oluşan reaksiyon odununa basınç odunu, geniş yapraklı ağaçlarda oluşan reaksiyon odununa ise çekme odunu denilmektedir.

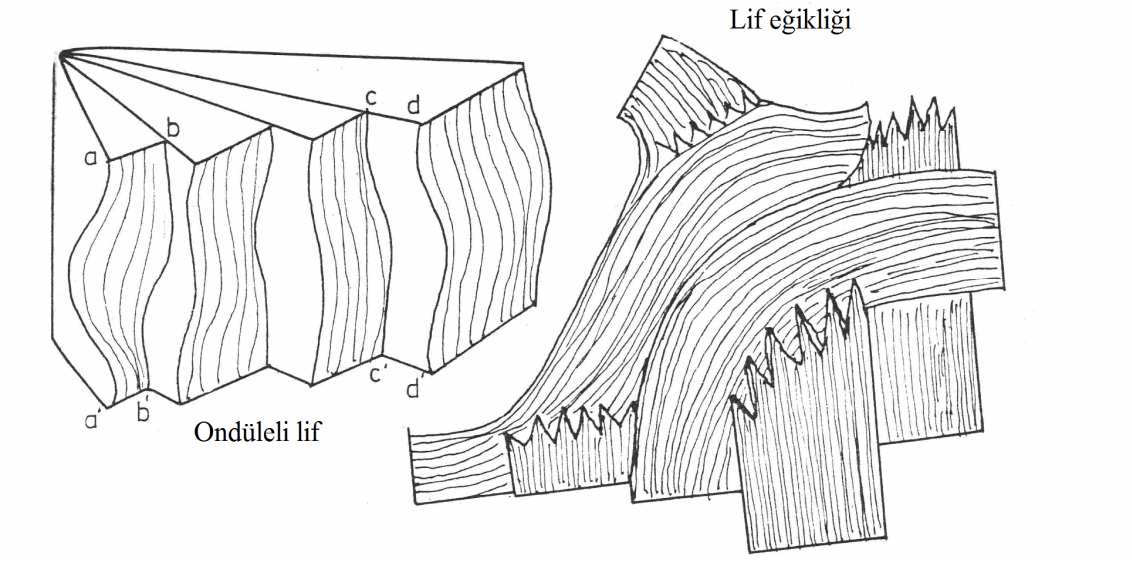
Basınç odunu eğri ağaçların eğilme yönünde, rüzgârın geliş yönünün aksi tarafında ve dalların alt kısmında oluşmaktadır. Ahşabın normal renginden daha koyu

renklidir. Daha fazla lignin ve daha az selüloz içermektedir. Basınç odununun elastikiyet, eğilme ve şok direnci düşüktür.

Çekme odunu basınç odununun tersine eğri ağaçların eğilme yönünün aksi tarafında, rüzgârın geliş yönünde ve dalların üst kısmında oluşmaktadır. Daha fazla selüloz, daha az lignin içermektedir. Normal kısımlardan makroskopik olarak güçlükle ayırt edilmektedir. Özgül ağırlığı daha yüksek, rengi parlak ve açık renklidir. Ahşabın teknolojik değerini basınç odunu kadar çok etkilememektedir (Aslan, 1994).

Liflilik

Ahşabın liflerinde meydana gelen anormalliklerin neden olduğu kusurlara genel olarak liflilik denir. Bu terim, liflerin ahşabın uzun eksenine paralel uzanmaması durumu için kullanılmakta olup; lif eğikliği, lif kıvrıklığı, ondüleli liflilik gibi değişik şekillerde görülebilmektedir. (Şekil 2.14.). Liflerin ağaç eksenine göre düzgün uzanmaması, ahşap malzemenin işlenmesini güçleştirmektedir. Bu nedenle, kimi zaman çok estetik görüntüler de ortaya çıkaran lif anormallikleri kusur olarak kabul edilmektedir. Lif kusurlarının, biyolojik tahripçiler üzerinde ise herhangi bir etkisi yoktur.



Şekil 2.14. Liflilik kusurları (Aslan, 1994)

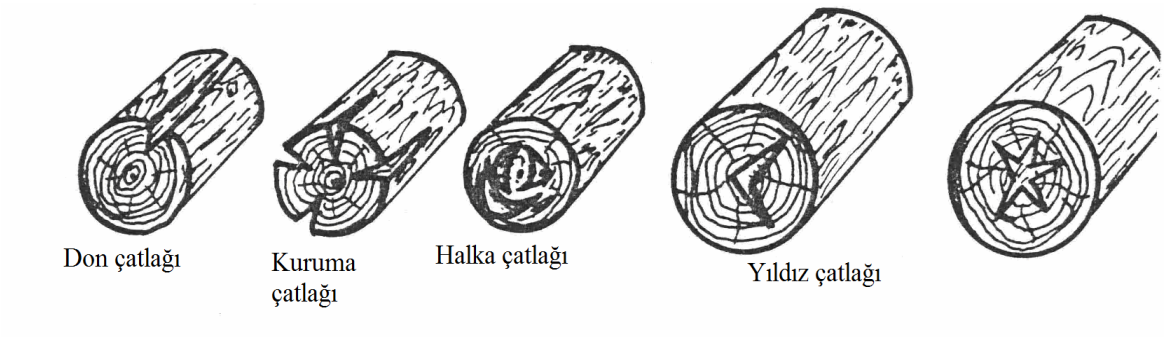
Çatlaklar

Ağaç ekseni yönünde ahşap elemanları arasında uzunlamasına görülen ayrılmalardır. Çok yaygın ve önlenmesi güç kusurlardır. Çatlaklar kimi zaman hatalı işleme ya da kullanım nedeniyle oluşmakta, kimi zaman ise ağaç henüz dikili haldeyken oluşabilmektedir. Öz çatlağı, halka çatlağı, don çatlağı gibi çatlak şekilleri ağacın yapısal özellikleri ve çevresel koşullar sonucu, dikili haldeyken meydana gelen kusurlardır.

Ahşabın kuruması sonucu oluşan öz çatlağında çatlaklar, özden çevreye doğru uzanan ışınlar şeklindedir ve dış katmanlara kadar uzanmamaktadır. Ardı ardına gelen iki yıllık halka arasında gövdenin altından başlayarak oluşan çatlaklar ise halka çatlağı olarak nitelendirilmektedir. Halka çatlağı, rüzgârın mekanik etkisi nedeniyle oluşmaktadır.

Sıcaklık ve nemde meydana gelen ani değişimler ve özellikle çok soğuk hava koşulları, don çatlaklarına neden olmaktadır. Don çatlağı, ahşapta dıştan içe doğru radyal yönde belirli bir derinliğe kadar uzanmaktadır (Şekil 2.15.). Malzemede boylu boyunca uzanan çatlaklar şeklinde görüldüğünden önemli bir kusurdur.

Çatlaklar, malzemeyi nem sorunlarına ve biyolojik bozulmalara karşı zayıf hale getirmektedir. Böcekler yumurta bırakmak için genellikle malzemenin çatlamış kısımları ya da uçma delikleri gibi korunaklı alanları tercih etmektedir. Mantar ve bakteriler de malzemenin daha zayıf olan çatlak kısımlarına daha kolay arız olabilmektedir.



Şekil 2.15. Ahşapta çatlama şekilleri (Aslan, 1994)

2.3.1.2. Doğal dayanıklılığın etkisi

Ahşabı oluşturan selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi yapısal polimerler ve bu polimerlerle birlikte depo edilen nişasta, glikoz gibi maddeler aynı zamanda ahşabın biyolojik tahripçilerinin besin kaynağıdır. Bu maddelerin yanı sıra ahşabın bünyesinde, ona karakteristik özellikler kazandıran ekstraktif maddeler vardır. Bütün ağaçlar öz odunu tabakasına sahip olsa da, bünyesinde toplanan kimyasallar bütün ağaçlarda aynı değildir. Bu maddelerden kimileri, örneğin fenolik maddeler, ahşaba zarar veren böcek ve mantarlara karşı zehirlidirler. Bünyesinde biyolojik zararlılar için zehirli olan bu maddeleri fazla miktarda bulunduran ahşap malzemelerin doğal dayanımları da yüksek olmaktadır. Buna göre, yerli ağaç türlerini biyolojik etkilere karşı dayanıklıkları bakımından aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür (Erten, 1988; Erdoğmuş, 2003).

Çok dayanıklı ağaçlar: Meşe, karaağaç, porsuk, sedir, selvi, kestane, dut, akasya, ceviz, okaliptus, ardıç vb.

Orta derecede dayanıklı ağaçlar: Ladin, çam, göknar, dışbudak vb.

Az dayanıklı ağaçlar: Akçaağaç, kayın, kavak, huş, kızılağaç, gürgen, ıhlamur, at kestanesi, söğüt, çınar vb

Ahşap malzemenin farklı tabakaları arasında da dayanıklılık bakımdan önemli farklılıklar vardır. Ağacın büyümesiyle birlikte canlılığını yitirmeye başlamış hücrelerin oluşturduğu öz odununun bünyesinde koruyuculuğu olan çeşitli doğal kimyasallar birikmektedir. Bu nedenle, bütün ağaç türlerinin öz odunu tabakası diri odunundan daha dayanıklıdır (Beckwith, 1998). Tüm yaşamsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği ve bünyesinde bol miktarda sıvı ve besin barındıran diri odun tabakası ise, her zaman öz odunundan daha dayanıksızdır. Çok dayanıklı olarak bilinen türlerin bile diri odunları yapılarda kullanılmak için yeterince dayanıklı değildir. Ahşap elemanlarında hiçbir koruyucu kimyasal madde kullanılmadan inşa edilmiş eski yapıların bugüne kadar ayakta kalabilmesinin nedeni, doğal dayanıklılık ile ilgili bu temel prensiplerin iyi kavranmış olmasıdır.

Ahşabın mekanik olarak doğal dayanıklılığı ise genellikle özgül ağırlığı ve sertliği ile doğru orantılıdır. Özgül ağırlığı yüksek, sert ve koyu renkli ağaçlar mekanik

etkilere karşı daha dayanıklıdırlar. Bu özellik ve ağacın büyüme hızı arasında genellikle ters orantı söz konusudur. Yavaş büyüyen ağaçlar mekanik olarak daha dayanıklı, daha sert ve ağır olmaktadır.

2.3.2. Neme bağlı bozulmalar

Ahşap malzemede ortamın bağıl nemine göre su alıp verme (yani genişleme ve daralma), higroskopik sınırlar arasında değişmekte ve pratikte bu olaya "ahşabın çalışması" denilmektedir. Ahşabın çalışması, ahşap yapı elemanlarının nem değişimlerine bağlı olarak şekil değiştirmesi şeklinde de açıklanabilir. Bu şekil değişiklikleri, kimi zaman malzemenin deforme olmasına ya da sürekli daralıp genişleme sonucu yüzeyinde çatlaklar oluşmasına neden olabilmektedir.

Ahşabın rutubet miktarı, direnç üzerinde de önemli rol oynamaktadır. Rutubet arttıkça direnç özelikleri, elastikiyet özellikleri ve ısı iletim katsayısı azalmaktadır. Rutubetin % 1 artması sonucu, basınç direncinde % 5, eğilme direncinde % 4, çekme direncinde ise % 3 oranında azalma meydana gelmektedir (Bozkurt vd., 1993).

Nemin ahşap malzemeye bir başka etkisi ise mikroorganizmaların barınmasını kolaylaştırmasıdır. Rutubet oranı yüksek ahşap malzeme; birçok mantar, böcek ve bakteri türü için ideal bir yaşam ortamı oluşturmaktadır. Bu organizmaların yaşayabilmeleri için yüksek oranda rutubete ihtiyaçları vardır. Bu nedenle, nemli ahşap malzemeler çok kolaylıkla ve kısa sürede mantar, böcek ve bakteriler tarafından tahrip edilebilmektedir. Bu nedenlerden dolayı yapılardaki ahşap malzemeyi korumak için yapılması gereken en önemli adım onu kuru tutmaktır. Yapılarda nem sorununa yol açan en önemli nedenler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Eklenen yeni ahşap malzemenin yeterince kurutulmadan kullanılması ve eski malzemeyle nem alışverişi yapması,
- Zemin yalıtımının az olması,
- Yağmur suyunun iyi drene edilmemesi,
- Yapı içinde yoğunlaşan suların düşünülmemiş olması,
- Yapı içindeki su tesisatının neden olduğu sorunlardır.

2.3.3. Fiziksel ve kimyasal faktörlerin neden olduğu bozulmalar

Yeterince korunmadan hava koşullarına maruz kalan ahşap, bazı kimyasal ve fiziksel değişimlere uğramaktadır. Havada bulunan kimyasal gazlar, güneş ışığı, yağmur, ıslanma ve kurumanın birbirini takip etmesi gibi faktörlerle oluşan renk kaybı; çatlamalar sonucu meydana gelen elyaf kaybı ve tahrip olmuş yüzeyin yavaş yavaş aşınması hava koşullarının olumsuz etkilerinden bazılarıdır. Bu etkiler sonucu aşınmış malzeme, diğer risklere karşı daha zayıf hale gelmektedir.

2.3.3.1. Termal bozulmalar

Tarihi ahşap yapılarda rastlanan en yaygın termal bozulmalar yangınlardır. Ahşap hücreleri yaklaşık 200 ºC'de bozulmaya başlamakta, çabuk alevenebilen metan ve karbon monoksit gazları salınmaktadır. Bu gazların tutuşturma özelliği yüzey sıcaklığı 500 ºC'ye ulaştığında oluşmaktadır. Ancak bu ısınma, alevlerle birlikte meydana geldiğinde ya da yüzeye çarpan ışınların miktarı çok fazla olduğunda tutuşma değeri 250 ºC'lere kadar düşmektedir (Jackman, 1981).

Yanmayla birlikte malzeme hemen deforme olmamakta, kömürleşerek bir süre daha şeklini koruyabilmektedir. Ahşap malzeme içinde yanma etkisinden en son etkilenen kısım ise lignin katmanıdır. Aynı zamanda ahşaba mukavemet özelliği de kazandırmakta olan ligninin, yangınlar sırasında ahşap yapı elemanlarının mukavim kalmasına destek olduğu söylenebilir.

Ahşap malzemenin bileşimi ve yapısal özellikleri kadar, yapıdaki konstrüksiyonu da önemlidir. Köşeler, ince kesitli malzemeler, birleştirme yerleri daha kolay tutuşabilen kısımlardır. Yapılardaki taşıyıcı ahşap elemanlar yangın başlangıcında nadiren işin içindedir. Büyüyen yangınlarda da ahşabın çok yavaş yanması, önceden hesaplanabilen kömürleşme hızı, yüksek ısı yalıtım kabiliyeti ve ısı ile boyut değiştirmeme özellikleri yanıcı olmasına rağmen ahşabı yangına karşı dayanıklı bir yapı elemanı yapmaktadır.

Sıcaklık etkisi uzun süre devam ettiğinde, şiddeti tutuşma meydana getirecek değerlerin altında olsa bile ahşap malzemeye zarar verebilmektedir. Etki eden sıcaklık

100 ºC'yi bulduğunda, ahşap kahverengileşmeye başlamakta ve yüzey kırılganlaşmaktadır. Ayrıca, malzemede ağırlık ve dayanıklılık kayıpları görülmekte, normal pH değeri de 2-3'lere düşebilmektedir (Moore, 1983).

Uzun süreli sıcaklık etkisine maruz kalarak gevrekleşen malzemenin yanma riski de artmaktadır. Bu nedenle sıcak bölgelerde bulunan tarihi ahşap yapılar ve özellikle ısınmanın en yoğun olduğu çatı gibi yapı elemanları yanma riski altındadır.

2.3.3.2. Mekanik etkilerin neden olduğu yüzey bozulmaları

Rüzgâr, şiddetli yağışlar gibi çeşitli doğa olayları; kuşlar, karıncalar ve çeşitli hayvanlar tarafından ya da insanlar tarafından verilen zararlar sürekli olarak ahşap malzemeyi aşındırmaktadır. Bu aşınma, yavaş yavaş ve uzunca bir süreçte gerçekleşiyor olsa da malzeme yüzeyinde bir erozyona yola açmaktadır.

Mantar, bakteri ve böcek varlığı bulunan ahşap malzemeler, mekanik etkiler karşısında daha kolay tahrip olmaktadır. Çünkü, biyolojik aktivite malzemenin yapısal polimerleri üzerine etki ederek, strüktürel olarak da zayıflamasına neden olmaktadır. Benzer şekilde mekanik olarak zarar görmüş bir malzemeye biyolojik tahripçilerin arız olması da kolaylaşmaktadır. Biyolojik tahripçiler ahşaba genellikle, malzemenin zayıflamış olduğu noktalardan girerek arız olmaktadırlar.

Ahşap yüzeyinde mekanik etkiler nedeniyle oluşan aşınma, ahşabın daha yumuşak olan ilkbahar odununda daha hızlı ve daha fazla etkili olmaktadır. Bu nedenle eskimiş ahşap malzemede ilkbahar odunu katmanı daha çukur, yaz odunu tabakası ise daha yüksek kalmakta, yüzeyde girintili çıkıntılı bir görünüm oluşmaktadır.

Ahşabı hava ve çevre koşullarının mekanik etkilerinden korumanın yolu, onu kendisi bu etkilere maruz kalan bir koruyucu tabaka ile örtmektir. Bu koruyucu tabaka örtüsü, genellikle boya ya da vernik olabilmektedir. Bu maddeler, kendileri bozulmadıkları sürece ahşabın görünüşünü korumaktadırlar (Hall, 1988). Zwerger (1997)'e göre ise malzemeye doğru konstrüksiyon kazandırmak, koruma açısından çok önemlidir. Geleneksel ahşap yapılarda korumanın temel prensibi olarak kullanılmıştır.

2.3.3.3. Güneş ışığı ve UV ışınlarının etkisi

Güneş ışığı ahşabın renginin koyulaşmasına ve kahverengimsi bir renk almasına neden olmaktadır. Renk değişikliğinin temel nedeni UV ışınlarının etkisidir. Lignin katmanı büyük ölçüde fotodegrasyona uğramakta ve bu arada ayrışabilir maddeler yüzeyden aşınmaktadır. Ahşap yüzeyi gümüş rengi görünümlü bir hal almaktadır (Hon vd., 1986). Bu değişim bir bakıma güneşin UV ışınlarının bir sonucuyken, bir bakıma da UV ışınlarına karşı ahşabın savunma mekanizmasıdır denilebilir.

Güneş, renk değişikliğinin yanı sıra ahşap yüzeyinde çok yavaş gelişen bir yüzey erozyonuna da neden olmaktadır. Uzun süreli olarak ve doğrudan ahşap üzerine etki eden güneş, aynı zamanda malzeme yüzeyinin çatlamasına ya da gevrekleşmesine de neden olabilmektedir.

Güneşin biyolojik aktivite üzerindeki etkisi ise olumludur. Ahşap malzeme üzerinde mikroorganizmaların gelişebilmesi için nemli ve genellikle karanlık bir ortam gerekmektedir. Aydınlık ve kuru bir ortamda, özellikle mantar gelişimi mümkün değildir. Bu nedenle güneş ışığı, hem yapıdaki nem sorunlarını azalttığı için, hem de biyolojik aktivite için olumsuz bir çevre koşulu oluşmasına neden olduğu için, önleyici rol oynamaktadır.

2.3.3.4. Kimyasal bozulmalar

Ahşap, çeşitli çevresel faktörlerle kimyasal bozunmaya uğrayabilmektedir. Bu kimyasal bozunmanın nedeni, asit ya da alkali çevre koşulları ya da ahşabın kendi içinde meydana gelen elektrokimyasal reaksiyonlardır.

Asit ve alkali çevre koşullarının ahşap üzerindeki olumsuz etkisi değişik yollarla gerçekleşmektedir. Asit, glikozların arasındaki karbon bağlarını kırmaktadır. Önce hemiselüloz bozunmakta, sonra selüloz molekülleri kısa parçalar halinde kırılmaktadır. Bu bozunma, selüloz ve hemiselülozca daha zengin olan kapalı tohumlularda daha kolay gerçekleşmektedir. Özetle, asitler ahşabı kolay kırılır hale getirmektedir (Ridout, 2004).

2.3.4. Biyolojik bozulmalar

Ahşabın zamanla çeşitli organizmalar tarafından ayrıştırılması, organik bir malzeme olmasının doğal sonucudur. Bu bozunma, çoğu zaman yapıların korunması adına mücadele edilmesi gereken bir sorun olsa da, aynı zamanda ahşabın çevreyle dost bir malzeme olmasının temel nedenidir.

Ahşap malzemeyi tehdit eden biyolojik zararlıları; bakteriler, mantarlar ve böcekler olmak üzere üç temel grupta sınıflandırmak mümkündür. Ahşap malzeme; mantarlar, bakteriler ve böcekler tarafından saldırıya uğradığında selüloz gibi fotosentez yolu ile üretilen maddeler, daha basit maddelere dönüştürülmektedir. Ahşabın yapıtaşını oluşturan bu maddelerin ayrıştırılması sonucu malzeme tahrip olmaktadır. Bu tez çalışmasındaki önemi nedeniyle biyolojik bozulmalar ayrı bir bölümde (Bölüm 3) ele alınmıştır.

3. BİYOLOJİK BOZUNMA NEDENLERİ

3.1. Bakteriler

Bakterilerin ahşabın hücre çeperleri üzerindeki tahrip edici etkisi 1980'lere kadar bilinmemekteydi. Bu yıllara kadar ahşap üzerinde görülen bozulmalar mantar aktivitesi ile açıklanmaktaydı (Daniel ve Nilsson, 1998). Bugünse dünyanın her yerinde, bu çok küçük organizmaların özellikle çok nemli ortamlarda ahşap malzemeye kolayca arız olabildiği bilinmektedir.

Bakterilerin bir bölümü, anaerobik organizmalar olduklarından, böcek ve mantarlardan farklı olarak oksijensiz ortamlarda da yaşayabilmektedirler. Bakterilerin yaşayan ağaca arız olanları parazit, ahşaba arız olanları ise saprofittir. Parazitler bir takım urlar ve yumruların oluşmasına neden olmaktadır. Saprofitlerin etkisi ise aerobik ya da anaerobik olmalarına göre değişmektedir. Genellikle ahşabın selülozuna etki etmektedirler (Mattsson, 1996).

Ahşaba zarar veren bakteriler, genel olarak aşındırıcı etki göstermektedirler. Hücre çeperi ve selüloz mikrofibrilleri üzerindeki tahrip edici etkileri nedeniyle yüzeyde erozyona neden olmaktadırlar (Holt, 1983). Tahribatları ahşap malzeme yüzeyinde koyu renkli lekeler halinde görülmektedir. Bakteriler, mantarlar tarafından tahrip edilmiş ahşapta da etkili olabilmektedir.

Bakteriler, ahşabın özellikle öz ışınlarındaki depo maddelerine arız olmakta, bu kısımlar tüketildikten sonra, paranşim hücrelerinin çeperlerini de tahrip etmektedirler. Bazı araştırmacılar, özellikle iğne yapraklılarda kenarlı geçit zarlarının bakteriler tarafından tahrip edildiğini belirtmektedir. Hücre çeperlerinde tahribatın yönü lümenden dışarı doğru olmaktadır. Böylece, bakteri zararları hücre çeperinin geçirgenliğini artırmaktadır. Ahşap malzeme ıslak mekânlarda veya rutubetli toprak içinde kullanıldığında bakteri saldırısına uğramaktadır. Örneğin; taban suyu seviyesinin yüksek olduğu yerlerde bulunan temel direklerinde mantar görülmediği halde, bakterilere rastlanmaktadır. Ayrıca, nehir ve deniz tahkimatlarına, yalıların su altında kalan ahşap elemanlarına bakteriler arız olmaktadır. Çok rutubetli yerlerde ise

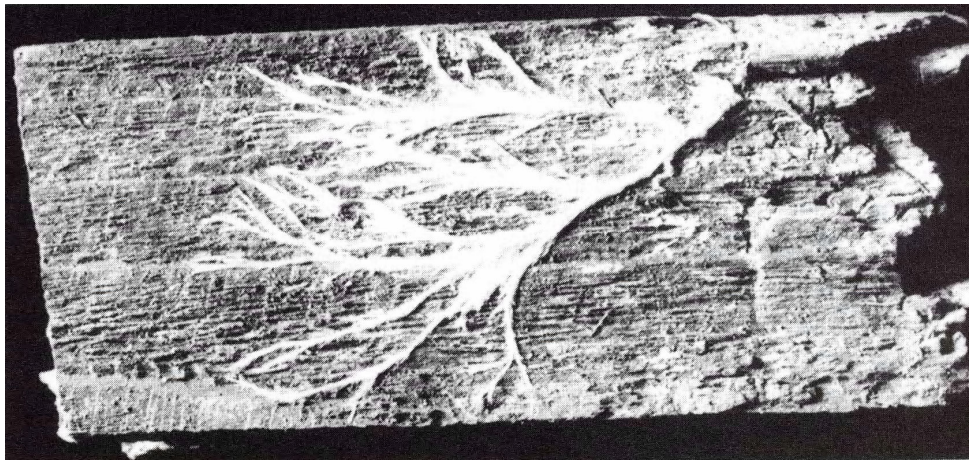
genellikle, yumuşak çürüklük mantarları ile birlikte bulunmaktadırlar (Bozkurt vd., 1993).

Ahşaba zarar veren bakteriler hem sayıca hem de verdikleri tahribin boyutu bakımından, diğer biyotik zararlılara oranla daha önemsizdir. Bakterilerin zararları, mantar ve böceklerde olduğu kadar tahrip edici değildir ve çok uzun sürede bile etkili olmamaktadır. Bu nedenle, gerek yaşayan gerekse kesilmiş ağaç zararlısı olarak etkileri azdır. Rutubetin çok yüksek olduğu ortamlarda ise zararları daha büyük olmaktadır (Bozkurt vd., 1993).

3.2. Mantarlar

Mantarlar basit bitkisel canlılardır. Beş binden fazla türü vardır. Yapılarında klorofil bulunmayışı nedeniyle diğer yeşil bitkilerden ayrılmaktadırlar. Plastid ve fotosentez pigmentlerinden yoksun olduklarından fotosentez yolu ile kendi besin maddelerini üretememekte ve diğer bitkilerle hayvanlara arız olarak beslenmektedirler. Arız oldukları ortamı, hüfleri yardımıyla çürüterek zararlı olmaktadırlar (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Mantarlar, eşeyli ve eşeysiz yoldan oluşturulan "spor"ların çimlenmesi ile çoğalmaktadır. Sporlar yuvarlak veya oval biçimde olup, ancak mikroskop yardımıyla görülebilmektedir. Elverişli şartlar altında bir spor çimlendiğinde, hüf adı verilen iplikçikler meydana getirmektedir. Hüfler salgıladıkları enzimlerle, besin ortamında kimyasal bir reaksiyon oluşturmakta ve böylece gelişmeleri için gerekli olan besin maddelerini sağlamaktadırlar. Ahşap malzemede çok sayıda bulunsalar bile, varlıkları çıplak gözle görülememektedir. Hüfler uygun koşullar oluştuğunda, özellikle rutubetli şartlar altında, bir araya gelerek "miselyum"u oluşturmaktadırlar (Resim 3.1.). Miselyum ahşap üzerine yerleşerek, hücre çeperlerini tahrip etmektedir. Mantarlar ahşap üzerinde belirli bir süre yaşadıktan sonra, sporophor adı verilen ve spor oluşumunu sağlayan üreme organları gelişmektedir (Ridout, 2004).



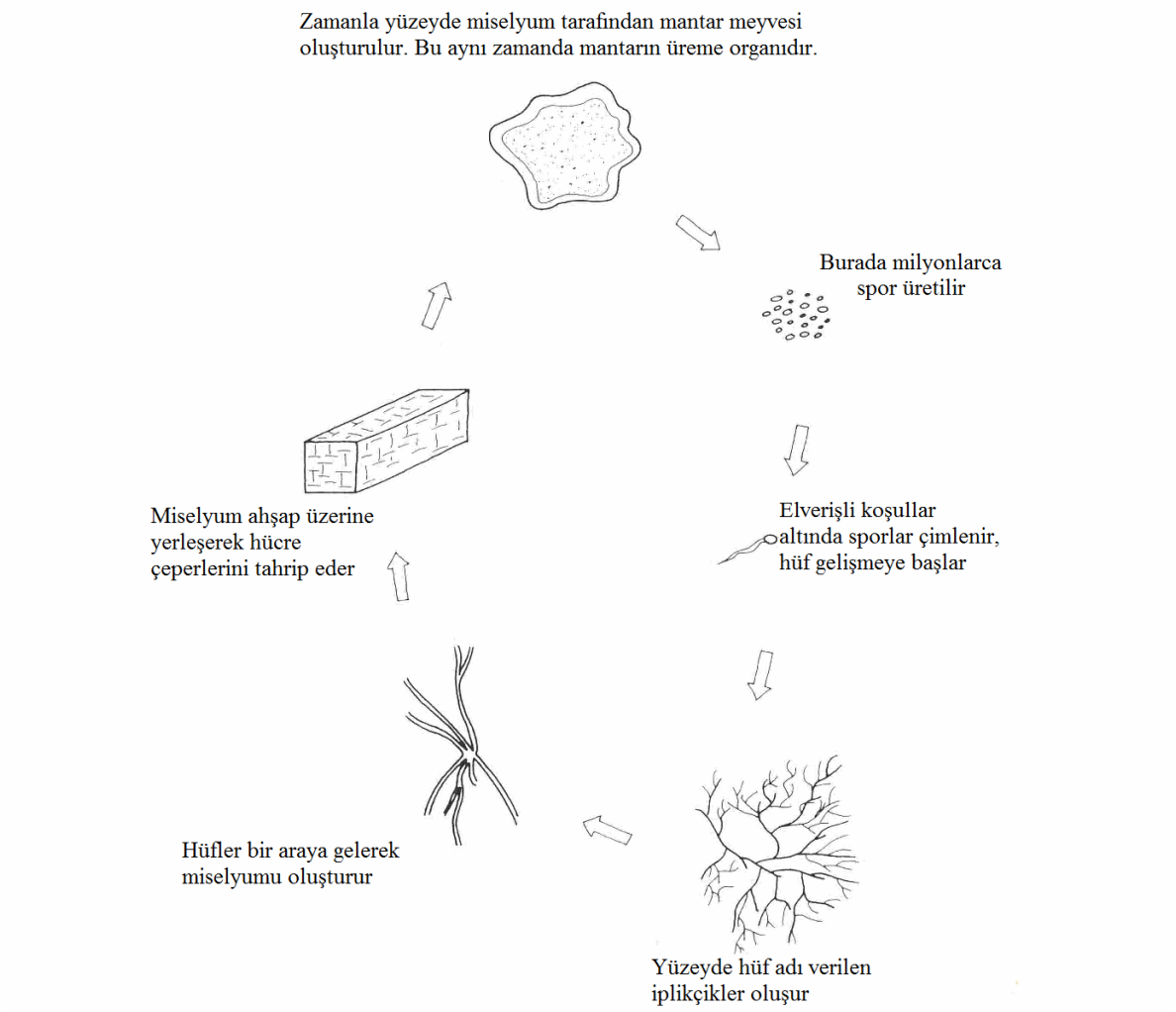
Resim 3.1. *Antrodia vaillantii*'de miselyum oluşumu (Ridout, 2004)

Bu yapılarda çok sayıda spor üretilebilmektedir. Örneğin; kayın ağaçlarına arız olan *Ganoderma applanatum*'un altı ayda her gün 30 milyon spor ürettiği tespit edilmiştir. Sporlar küçük ve hafif olduklarından hava akımı, su ve hayvanlar yardımıyla çevreye kolayca yayılabilmektedir (Bozkurt vd., 1993).

Ahşap malzemeyi çürüten bütün mantarların gelişmesi için besin maddesine (odun hammaddesi), yeterli sıcaklığa, uygun rutubet miktarına ve oksijene ihtiyaçları vardır (Hudson, 1986). Bunlardan herhangi birinin bulunmaması halinde mantarlar ya ölmekte ya da daha iyi şartlara ulaşıncaya kadar herhangi bir gelişme olmadan daimi form halinde kalmaktadır.

Birçok mantar, besin ortamı olarak ahşap malzemenin diri odun kısmını kullanmaktadır. Bunun yanı sıra öz oduna arız olan mantarlar da vardır. Ağaçların diri odunu mantarlara karşı az dirençlidir veya hiç dirençli değildir. Ancak, bazı ağaç türlerinin öz odunundaki yabancı maddeler, mantarlara karşı doğal bir dayanıklılık sağlamaktadır (Amburgey, 2000).

Mantar tahribatına uğrayan ahşap malzemede; mekanik, fiziksel özellikler ve su alıp verme kabiliyeti (higroskopisite) etkilenmektedir. Renk değişimi, odun strüktüründe değişmeler, malzemenin direncinde, ağırlığında ve sertliğinde azalmalar meydana gelmektedir. Ahşabın geçirgenliği ve rutubet alışverişi karşısında gösterdiği davranışları değişmektedir (Ridout, 2004).



Şekil 3.1. Mantarlarda spor ve üreme döngüsü (Ridout, 2004).

3.2.1. Ahşabı tahrip eden mantarların yaşam koşulları

3.2.1.1. Rutubet miktarı

Ahşapta çürüklük yapan mantarlar için en önemli gelişme faktörü rutubet miktarıdır. Mantarın büyümesi için, ahşabın rutubet miktarı alt sınırı, kurutulmuş ağırlığına oran bağlamında, % 20'nin üzerinde olmalıdır. Bunun altındaki rutubet

değerlerindeki ahşap malzeme, mantarlar için kuru kabul edilmekte ve sporlar bu ortamda kolay çimlenememektedir (Erten, 1988). Sporlardan ilk meydana gelen çimlenme borucuklarının gelişebilmeleri için ihtiyaçları olan rutubet miktarı, misellerin gelişmesi için gerekli olandan daha fazladır. Bu nedenle, bir ahşap malzemeye mantarların bulaşarak tahribat yapabilmesi için, malzemedeki rutubet miktarı sınır değeri % 20'nin üzerinde, tahribat için en iyi rutubet koşulu ise % 35-60 arasında olmalıdır (Bozkurt vd., 1993).

3.2.1.2. Sıcaklık

Her mantar türünün sıcaklık isteği değişmekte ve genellikle sıcaklık arttıkça mantar gelişmesi hızlanmaktadır. Mantarlar genel olarak 3-38 °C sıcaklıklar arasında gelişmelerini sürdürmekte, optimum sıcaklık istekleri 20-35 °C arasında kalmaktadır. Ahşabın tahripçisi mantarların, aşırı sıcaklığa karşı duyarlı oldukları ve bazı mantar türlerinin (örneğin kuru çürüklük mantarları) 40-50°C'nin üzerindeki sıcaklık değerlerinde öldükleri tespit edilmiştir. Bazı mantar türlerinde ise bu değer 80°C'ye kadar yükselmektedir (Ridout, 2004). Ayrıca, rutubeti yüksek olduğunda ahşap malzemenin iletkenliği arttığından, rutubetli malzemede mantarlar ısıya bağlı olarak daha hızlı ölmektedir.

3.2.1.3. Işık

Mantarlar, yeşil bitkiler (klorofil içeren bitkiler) kadar ışığa ihtiyaç duymamaktadırlar. Heterotrof bitkiler olan mantarlarda, misel gelişmesi için güneş ışığı tehlikeli bile olabilmektedir. Birçok mantar doğrudan güneş ışığından kaçarak çoğunlukla karanlıkta varlığını sürdürmekte veya difüz (dağınık) ışıktan yararlanmakta, buna karşın üreme organları ışıkta gelişebilmektedir (Ridout, 2004).

3.2.1.4. Oksijen

Ahşabı çürüten mantarlar aerobik organizmalardır ve oksijene ihtiyaçları vardır. Diri odunda fazla miktarda su bulunduğu veya ağaç malzeme su içerisinde bekletildiği, ya da suyla doygun toprak içersinde kaldığı sürece çürüme meydana gelmemektedir. Çünkü bu durumda hücre boşlukları su ile dolmuş olup oksijensiz bir ortam oluşmaktadır. Ahşaba arız olan mantarların gelişmesi için hücre boşluklarında en az % 10-20 arasında hava (oksijen) bulunması gerekmektedir (Erten, 1988).

3.2.1.5. pH değeri

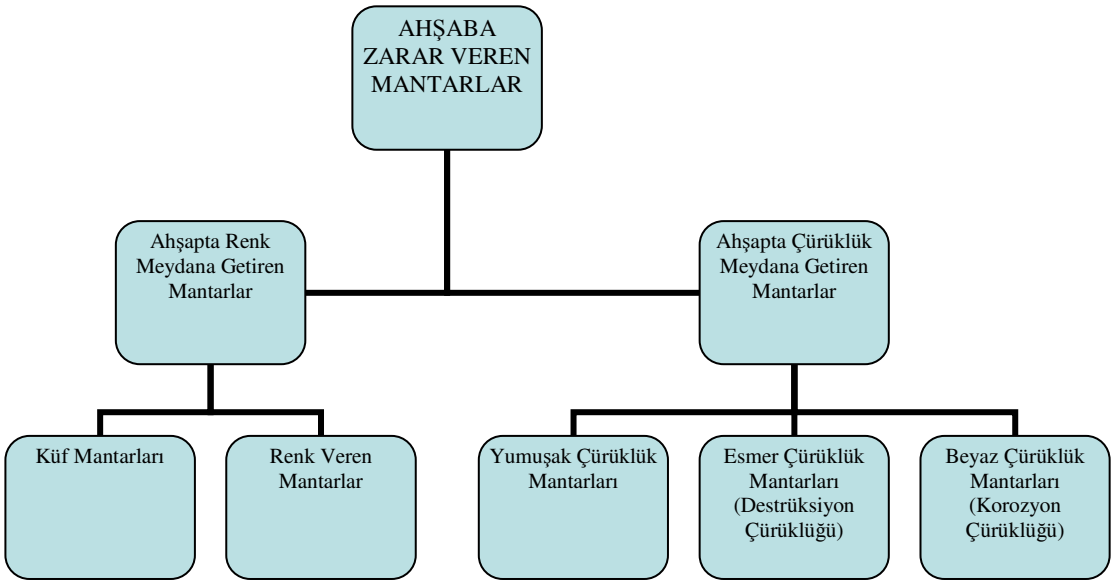
Çürüklük yapan mantarların ahşapta gelişmesi için ortamın asidik olması gereklidir. Ortamın asiditesi pH değeri ile ölçülmekte ve bu değer serbest hidrojen iyonu konsantrasyonunu ifade etmektedir. Örneğin; pH değeri 5 olan odun hafif asidiktir. Yapılan araştırmalara göre tüm mantarlar için optimum pH değeri 5-6 arasında değişmektedir (Bozkurt vd., 1993).

3.2.2. Ahşap malzemeye arız olan mantarların sınıflandırılması

Mantarlar; *Myxomycetes*, *Phycomycetes* ve *Eumycetes* olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Ahşaba arız olan mantarlar *Eumycetcs* sınıfına girmektedir. Bu mantarlar ahşapta renk meydana getiren mantarlar ve çürüklük meydana getiren mantarlar olmak üzere iki alt sınıfa ayrılmaktadır (Çizelge 3.1.) (Bozkurt vd., 1993).

Ahşap malzemede renk değişimine neden olan mantarlar esas itibariyle, malzemede estetik problemler yaratmaktadır. Çürüklük yapan mantarlar ise odun maddesini tahrip etmekte ve buna bağlı olarak malzemede direnç kaybı ortaya çıkmaktadır (Bozkurt vd., 1993).

Çizelge 3.1. Ahşaba zarar veren mantar sınıfları (Bozkurt vd, 1993).



3.2.2.1. Ahşapta renk meydana getiren mantarlar

Ascomycetes ve *Fungi imperfecti* grubundan çeşitli mantarlar, odun dokusu içersine girerek yüzeysel renk değişimine neden olmaktadır. Bu mantarların esas itibariyle konidileri renkli olup, hüfleri ya renksizdir ya da çok az renk içermektedir. Hüfleri derine nüfuz edebildiği halde renklenme yüzeysel olmakta; rendeleme, planyalama ve fırçalama ile renklilik yüzeyden tamamen ya da kısmen uzaklaştırılabilmektedir (Bozkurt vd, 1993).

Küf ve renk değişikliği yapan mantarlar, yumuşak çürüklük mantarları ile aynı gruba giren mantarlardır. Ancak yumuşak çürüklükte mantarlar; hücre çeper maddesini tahrip ettiği halde küf ve renk değişikliği yapan mantarlar çoğunlukla, ahşapta depo edilmiş gıda maddeleri ile beslenmektedirler. Bu nedenle, öz ışını paranşim hücrelerinde bulunan hüflerin ahşap içine nüfuzları geçitlerden olmaktadır. Hüfler doğrudan doğruya geçit zarından geçmekle beraber, traheid ve liflerin çeperlerinde delikler de açabilmektedirler. Yapılan incelemelerde, bu deliklerin torusta ve hücre çeperinde mekanik yolla oluşturulduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, hücrelerde açılan deliklerin kambiyuma yakın diri odunda, daha uzaktaki diri odundan fazla olduğu görülmüştür.

Bazı hallerde bu mantarların, öz ışını paranşim hücreleri ile reçine kanalları etrafındaki epitel hücre çeperlerini kısmen veya tamamen tahrip ettikleri saptanmıştır. Torusun delinmesi ve öz ışını paranşim hücre çeperlerinin tahrip edilmesi, bu gibi ağaç malzemede permeabilitenin (geçirgenliğin) artmasına neden olmaktadır (Bozkurt vd., 1993).

Küf mantarları

Küf mantarları, hücre çeperinde selüloz ile lignine arız olmamakta, sadece hücre içindeki maddelerle beslenmektedir. Özellikle, öz ışını paranşim hücrelerinde mevcut karbonhidratlarla yaşamlarını sürdürdüklerinden, ahşabın fiziksel özelliklerini ve direncini etkilememektedirler. Ancak rutubetli yerlerde geliştiklerinden, diğer zararlı mantarların arız olmasına neden olabilmektedirler. Küf mantarlarının arız olması için, ahşapta rutubetin lif doygunluğunun üzerinde olması gerekmektedir. Yağışlı, sıcak ve yüksek bağıl nemi olan, durgun havanın bulunduğu iklimlerde küf mantarları, ahşap malzemenin rengini bir gün içerisinde değiştirebilmektedir. Optimum sıcaklık istekleri 24-28 °C arasındadır. Rutubet istekleri ise % 30-150 arasında değişmektedir, ancak bazı küf mantarları % 20 rutubetteki ağaç malzemede de faaliyet gösterebilmektedir. Küf mantarları öz oduna bulaşmamaktadır. Çünkü öz oduna dönüşüm sırasında paranşim hücreleri içersinde depo edilmiş gıda maddeleri kaybolmaktadır. Ağaç türü bakımından, iğne yapraklı ağaçlar küf mantarlarına karşı yapraklı ağaçlardan daha hassas olmakta, ancak yapraklı ağaçlar daha koyu renkte küflenmektedir (Bozkurt vd., 1993). Yeşil ve siyah küf mantarları genellikle zararsızdır. Fırçalama ve planyalama ile yüzeylerden uzaklaştırılmaktadırlar.

Küf mantarları, havalandırmanın yeterli olmadığı, çok sıcak ve rutubetli yapılara, mobilyalara ve diğer ahşap malzemeye bulaşabilmektedir. Aynı zamanda diri odundaki paranşim hücrelerinin içeriği ile beslenerek malzemenin görünüşünü ve geçirgenliğini etkilemektedir. Bu bağlamda fazla miktarda küf mantarı arız olmuş ahşap malzemenin geçirgenliği ve dolayısıyla emprenye sırasında nüfuz derinliği artmaktadır (Bozkurt vd., 1993).

Renk veren mantarlar

Ahşapta renklenme meydana getiren mantarların yaklaşık 10 türü olduğu tespit edilmiştir. Bu mantarlar *Ascomycetes* ve *Fungi imperfecti* grubuna girmektedir. Renk veren mantarlar, ahşap malzemenin iç kısımlarına girerek koyu renkli hüfleri ile malzemeye siyahımsı, mavimsi bir görünüş verdiğinden renk veren mantarlar diye tanınmaktadırlar (Bozkurt vd., 1993).

Renk veren mantarlar, genellikle iğne yapraklı ve yapraklı ağaçların diri odununa bulaşmaktadır. Neden oldukları tahribat genellikle küçük olsa da, özellikle rutubetli malzemede mavi siyahtan açık gri renge kadar değişik renkler oluşturmaktadır. Bazı türleri malzeme üzerinde bakterilerle birlikte bulunmaktadır (Blanchette vd., 1990). Mantar hüfleri, yuvarlak haldeki ahşap malzemede öz ışınları yoluyla derinlere ulaşabilmekte, malzemenin önce yüzeyinde görülmekte, sonra diri odunun derinliklerine nüfuz etmektedir. İğne yapraklı türlerde renk değişimi, mavimsi siyah ile açık gri renkte, yapraklı türlerde ise kahverenginde olmaktadır. Malzemede renklenme; çok ince ve koyu esmer renkli mantar hüflerine çarpan ışığın dağılması sonucu meydana gelen optik bir olaydır. Renklenme, ahşap yüzeylerinin rendelenmesi ile ortadan kalkmaz, çünkü hüfler radyal yönde tüm diri oduna nüfuz etmektedir. Yapraklı ağaçlarda hüflerin ilerleyişi öz ışınlarının yanı sıra, boyuna paranşimlerde de görülmektedir (Bozkurt vd., 1993).

Renk veren mantarlar, en fazla çam türleri ve ladine, sonra göknar, melez ve diğer iğne yapraklı ağaçlara arız olmaktadırlar. Yapraklı ağaçlardan huş, akçaağaç, kayak, kayın ve birçok tropik ağaçta da, yaz aylarında ve uygun rutubet şartlarında renklenme oluşmaktadır (Erten, 1988).

Renk değişimi yapan mantarların gelişmesi için ahşap rutubetinin % 30- 120 arasında olması gerekmektedir. Ancak, renk değişimi yapan birçok mantar türü için optimum rutubet % 30-40'dır. Yine türlere göre değişmek üzere sıcaklık istekleri 18-20-25 °C arasında değişmektedir (Bozkurt vd., 1993).

Renk değişimine neden olan mantarlar, hücre çeper maddelerine arız olmadıklarından çürüklük meydana gelmemekte ve direnç özelliklerinde fazla önemli kayıplar ortaya çıkmamaktadır. Özellikle görünüş özellikleri önemli olmayan yerlerde

ahşabın kullanılmasında bir sakınca yaratmamakta ve emprenye maddelerinin absorbsiyonunu da kolaylaştırmaktadırlar.

3.2.2.2. Ahşapta çürüklük meydana getiren mantarlar

Ahşabı tahrip eden mantarlar çürüklük tiplerine göre; esmer çürüklük, beyaz çürüklük ve yumuşak çürüklük mantarları olmak üzere üç ana grupta toplanmaktadır. Çürüklük yapan mantarlar, ahşap malzeme yüzeyini yumuşatmakta, bu durumda elle kontrolde tırnak kolayca ahşap malzeme içersine girebilmektedir. Çürüyen malzeme kuruduğunda, esmer çürüklüğe uğramış malzeme parmaklar arasında ezilerek kolayca toz haline getirilebilmektedir.

Hücre çeper tabakası üzerinde etkisi bakımından, bu mantarların tahribat şekli farklılık göstermektedir. S_3[1] tabakası esmer çürüklük mantarlarına direnç göstermekte, hatta bu tabakanın asit ve alkalilere karşı da dayanıklı olduğu gözlenmektedir. Bunun nedeni, bu tabakada selüloz mikrofibrillerinin yönünün eksene dik olması, fazla lignin içermesi veya yabancı maddelerin bu tabaka üzerine yerleşmiş bulunması, ya da mikrofibrillerin kimyasal kompozisyonunda farklılıklar olmasıdır. Hatta bazı araştırıcılara göre, S_3 tabakası birçok beyaz çürüklük mantarlarına karşı da dayanıklıdır. Bazı araştırıcılar ise, S_3 tabakasındaki mikrofibrillerin özellikle beyaz çürüklük mantarlarının başlangıç safhasında direnç gösterdiğini belirtmektedirler. S_2 tabakası esmer çürüklük mantarlarına en az direnç gösteren çeper tabakasıdır. Çünkü bu tabaka lignini tahrip eden enzimlere, selülozu tahrip eden enzimlerden daha yüksek bir dayanma göstermektedir. S_1 tabakası ise hem beyaz hem de esmer çürüklük mantarlarına karşı dayanıklıdır. Nedeni S_1 tabakasının S_2 ye göre daha yüksek yoğunlukta olmasına veya farklı kimyasal yapıda bulunmasına bağlanmaktadır. Bileşik orta lamel de aynı şekilde her iki mantar tipine karşı dayanıklı bulunmaktadır. Hatta orta lamelin hücre köşelerindeki kalınlaşmış kısımların en dayanıklı yerler olduğu belirlenmiştir (Bozkurt vd., 1993).

---

(1) S_1, S_2, S_3 tabakaları: Hücre çeper katmanlarından, sekonder çeperin bölümleri (Bk.Bölüm 2.2.3 ve Şekil 2.10.)

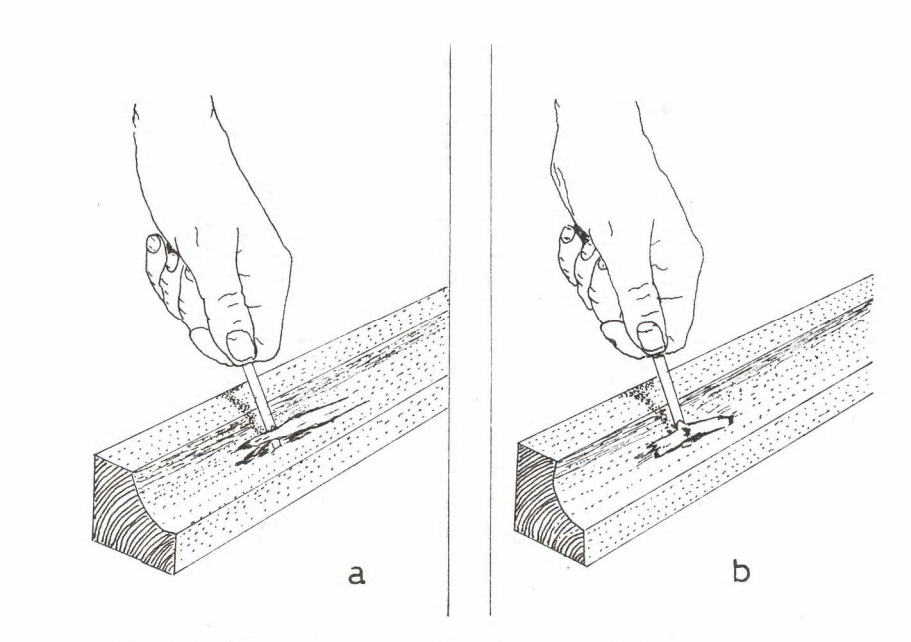
Esmer (Kahverengi) çürüklük mantarları

Esmer çürüklük (destrüksiyon çürüklüğü), *Basidiomycetes* grubuna giren mantarlar tarafından meydana getirilen ve kullanış yerinde ahşabı tahrip eden en önemli çürüklük şeklidir. Esmer çürüklük mantarları, ahşap malzemenin hücre lümenleri, reçine kanalları ve öz ışınları içinde gelişmekte ve sekonder çeperin selüloz iskeletini enzimatik yolla tahrip etmektedir. Çürüme sonunda geriye az veya çok miktarda lignin, kalmaktadır. Çürüklüğün ilerleyen aşamalarında ahşabın rengi kahverengileşmektedir. Çünkü selülozun tahribatından sonra geriye kalan lignin, tanenler ve ekstraktif maddeler malzemenin koyu renk almasına neden olmaktadır. Bu çürüklük tipinde, odunsu hücrelerde mevcut esnek selülozik iskeletin büyük bir kısmı tahrip edildiğinden malzemede daralma başlamakta, kübik çatlaklar ve sonunda kollaps[1] oluşmaktadır. Mantar tahribatına uğrayan ahşapta ağırlık kaybı önemli bir parametredir ve esmer çürüklük görülen ahşap malzemede daha da önem kazanmaktadır. Esmer çürüklükte ahşapta direnç kaybı ve yaklaşık % 70 oranında ağırlık azalması görülmektedir. Hatta başlangıç safhasındaki çürüklük bile direnç özelliklerine etki yapmaktadır. Mantar türü, etki süresi ve gelişme şartlarına bağlı olarak ağırlık kaybı % 95'e kadar çıkmakta, ağırlıkla beraber sertlik de azalmaktadır. Ahşapta şok direnci ortadan kalkmakta, malzeme gevrek bir hal almaktadır (Zabel ve Morrell, 1992).

Esmer çürüklükte basınç direnci, selüloz ve pentozan kaybı ile doğru orantılı olarak azalmaktadır. Bunun yanı sıra, dinamik eğilme direnci ve su absorpsiyonunda önemli derecede azalma görülmektedir (Bozkurt vd., 1993). Esmer çürüklükte mantarlar, selüloz üzerinde dağınık bir düzende zarar yaptıklarından geriye kalan lignin hücre şeklinin muhafaza edilmesini sağlamaktadır. Ancak, çürümenin son safhasında hafifçe bir sıkıştırma ile çökmeler olmaktadır. Dirençteki değişmeler, çürümeyi kontrol etmede faydalanılan bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Çürüme permeabiliteyi de etkilemektedir. Açık havadaki çürük ahşap malzeme daha çabuk rutubetlenmekte ve kuruması daha uzun süre almaktadır. Malzeme rutubetli iken yumuşamakta ve kolayca kırılmaktadır (Şekil 3.2.). Kuruduğu zaman ise toz haline gelmektedir. Ayrıca, çürümüş ahşap malzemeye böcekler daha kolay arız olmaktadır (Bozkurt vd., 1993).

---

(1) Kollaps: Hücrelerin çökmesi sonucu oluşan ve ahşap malzemenin boyutlarında düzensiz daralmalar şeklinde görülen bir kusur (Bozkurt ve Erdin, 1997).



Şekil 3.2. Ahşap malzemede çürüklük kontrolü: a) Sağlam b) Çürük (Bozkurt vd, 1993)

Esmer çürüklük mantarları genellikle iğne yapraklı ağaç türlerinde zarar yapmaktadır. Sıcaklık ve rutubet istekleri bakımından ise farklılık göstermekte ve kuru çürüklük ve yaş çürüklük mantarları olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar (Hudson, 1986).

Kuru çürüklük mantarları 18.yy'dan bu yana bilinmekte ve hesaplanamayan zararlara sebep olmaktadırlar (Ridout, 2004). Dünya üzerinde ılıman iklim bölgelerindeki yapılarda görülen bu çürüklük *Serpula lacrymans* (*Meriluis lacrymans*-Ev mantarı-) tarafından meydana getirilmektedir. Bu mantarın bütün Kuzey Avrupa'da ve Rusya'da geniş ölçüde zararlara neden olduğu, Güney Avrupa'da ise önemini yitirdiği tespit edilmiştir. Amerika'da bu türe benzer bir çürüklük yapan *Poria incrasata* görülmektedir. Her iki mantar kuru malzemede gelişmeseler de, ahşaba arız olan diğer mantarlardan farklı olarak 20 um kadar çapta özel uzantılar oluşturarak, çürümüş ahşaptan bu uzantılarla su taşımakta ve kuru ağaç malzemeye metrelerce uzaktan su getirip tahribat yapmaktadırlar. *Serpula lacrymans*, havalandırmanın kısıtlı, bağıl nemin yüksek olduğu yerlerde, yaklaşık 23°C'de, en iyi şekilde gelişmekte ve 1800 m yükseklikteki dağlık bölgelere dahi çıkabilmektedir (Bozkurt vd., 1993).



Resim 3.2. Kuru çürüklük mantarlarının rutubetli döşeme üzerinde yaptığı bozulma (Ridout, 2004).

Islak çürüklük yapan mantarların, yüzeydeki görüntüsü daha büyük olsa da, malzeme üzerindeki etkisi genellikle daha küçüktür. Yapılarda en yaygın görülen mantar türlerinden biri olan ıslak çürüklük mantarlarının en önemli türleri, *Coniophora puteana* ve *Asterostroma*dır. Genellikle ılıman bölgelerde ve rutubetli iğne yapaklı ahşap malzemede çürüklük yapmaktadır (Ridout, 2004).



Resim 3.3. Islak çürüklük mantarından *Coprinus sp.*'nın duvar üzerinde oluşmuş meyvesi (Ridout, 2004).



Resim 3.4. Islak çürüklük mantarı *Coniophora puteana* ve döşeme üzerindeki tahribatı (Ridout, 2004).

Islak çürüklük yapan mantarlar, genellikle çatılarda, kilerlerde, yapıların su akan ve su buharının yoğunlaştığı kısımlarında tahribat yapmaktadır. Yapıların dış kısmındaki ahşap malzemede de çürüklüğe neden olmaktadır. Bu mantarın arız olduğu ahşap malzemenin rengi koyulaşmakta, hemen hemen siyah renge dönüşmekte ve çürüme iç kısımda oluşmaktadır. Başlangıç aşamasında yüzeyler sağlam görünmektedir. Çürüme ilerlediğinde ise, yüzey sağlamlığını kaybederek, çatlaklı görünüm göze çarpar bir duruma gelmektedir (Ridout, 2004).

Beyaz çürüklük mantarları

Beyaz çürüklük mantarları da çürüme sonucu ahşapta görülen renk değişikliğinden adını almıştır. Korozyon çürüklüğü olarak da bilinen beyaz çürüklük, *Basidiomycetes* grubu mantarları tarafından meydana getirilmektedir. Beyaz çürüklük mantarları genellikle lignini tahrip etmekte, geriye beyaz lifli selüloz yapısı kalmaktadır. Bazı türleri ise hem hemiselülozu, hem de lignini tahrip etmektedir. Malzeme üzerindeki bozulma hemiselülozun depolimerizasyonu sonucu oluşmaktadır.

Bozulmanın sonucunda malzeme yüzeyinde beyaz renkli fibriller görülmekte ve malzemede % 95'e kadar ağırlık kaybı oluşabilmektedir (Zabel ve Morrell, 1992).

Beyaz çürüklük ilerlediğinde, ahşap daha açık renkli ve lifli tekstürlü bir yapıya dönüşmektedir. Yapraklı ağaçlarda beyaz çürüklük daha yaygın oluşmaktadır. Bunun nedeni iğne yapraklı türlerin ligninine daha zor arız olmasıdır (Hudson, 1986).

Beyaz çürüklüğe sebep olan mantarlar hücre çeperinde S3 tabakasından dışa doğru, yani orta lamele doğru hem selüloz hem de lignini birlikte tahrip ederek çeper tabakasının kalınlığını inceltmektedir. Esmer çürüklükte, çürüme son safhalarda bile olsa durum böyle değildir ve çeperlerde incelme olmamaktadır. Bununla birlikte esmer çürüklük, çürümenin ileri safhalarında, beyaz çürüklüğün mikroskop altında gösterdiği yeknesak kalma özelliğini gösterememektedir (Bozkurt vd., 1993).

Beyaz çürüklük mantarları, yapılarda kahverengi çürüklük mantarına oranla daha iyi gelişebilmektedir. Özellikle ahşap pencerelerin dış bölümleri ve çatı gibi neme maruz kalan iç yapı elemanlarında yaygın olarak görülmektedir (Ridout, 2004). Beyaz çürüklük mantarlarının arız olduğu ahşap malzemede, esmer çürüklükte olduğu gibi enine çatlaklar, anormal daralma veya kollaps oluşmamaktadır. Tahribat, hücre çeperinin S3 tabakasından orta lamele doğru olmaktadır. Bu gruba giren en önemli mantar türleri *Polyporus versicolor* ve *Trametes* (*Fomes*) pini'dir (Bozkurt vd., 1993).



Şekil 3.3. Huşta beyaz çürüklük ve çevresinde siyah şerit oluşumu (Gürtekin ve Oğuz, 2002).

Yumuşak çürüklük mantarları

Yumuşak çürüklük bazı küçük *Ascomycetes* ve *Fungi imperfecti* mantarlarının neden olduğu bozulma şeklidir. 1954'de Savory tarafından adlandırılmıştır. Bu mantarlar malzemenin selüloz ve hemiselüloz tabakasını tahrip etmektedir. Geniş yapraklı ağaç türlerinde iğne yapraklılara oranla daha yaygın görülmektedir (Blanchette vd., 1990). Yumuşak çürüklük mantarları toprakla ve suyla doğrudan temas eden çok rutubetli yerlerde oluşmaktadır.

Çürüklüğün makroskopik görünümüne bakıldığında, malzemenin orijinal biçimini muhafaza etmekle beraber, yüzey renginde bozulma, yumuşama ve çukurlaşmalar meydana geldiği tespit edilmektedir. Malzeme kuruduğu zaman çürük yüzeylerde çok sayıda ince çatlaklar oluşmakta ve ufalanma görülmektedir. Bu durumda malzeme yüzeyi sanki kömürleşmiş gibi bir hal almaktadır. Yumuşak çürüklük mantarlarının en iyi gelişimi; ahşabın rutubetinin % 50'nin üzerinde olduğu, asiditesinin pH 7-8 arasında bulunduğu ve sıcaklığının 18- 28 °C arasında olduğu ortamlarda gerçekleşmektedir. Bu çürüklüğü yapan mantarların en önemlisi *Chaetomium globosum*dur (Bozkurt vd., 1993).

Yumuşak çürüklük mantarları, yapraklı ağaçlarda özellikle lümen tarafında, iğne yapraklılarda ise S2 tabakasında boşluklar açarak zarar yapmaktadır. S2 tabakasında tahribat yapmalarının nedeni, bu tabakanın daha az ligninleşmiş olmasındır. Yapraklı ağaçlarda lignin az olduğu için yumuşak çürüklük bu ağaçlarda iğne yapraklılara nazaran daha hızlı ve geniş çapta gelişmektedir. Enine kesitte boşluklar mantar misellerinin çapı kadar kalın veya daha büyük bulunmaktadır. Boşluklar iğne yapraklı ağaçların yaz odununda, yapraklı ağaçların ise ilkbahar odununda daha fazla belirgindir (Brelid vd., 2000).

Günümüze kadar yapılan araştırmalar, yumuşak çürüklük mantarlarının, esmer ya da beyaz çürüklük yapan mantarlardan daha geniş tahrip alanına sahip bulunduğunu ortaya çıkarmıştır (Bozkurt vd., 1993). Yumuşak çürüklük mantarlarının aynı zamanda, kreozot ve bakır/krom/arsenik içerikli bazı mantar koruyuculara karşı detokslayıcı özelliği vardır (Zabel ve Morrell, 1992).

Deniz mantarları

Deniz suyu veya bazen tatlı su içindeki ahşap malzemede deniz mantarlarının sebep olduğu yumuşak çürüklük görülmektedir. *Ascomycet*'ler ve *Fungi imperfecti* grubuna giren bu mantarların tahribatı yavaş ve yüzeyseldir. Ancak bunlar, diğer deniz zararlılarının kolayca bulaşmasına neden olduklarından ahşap koruma açısından önem kazanmaktadırlar (Bozkurt vd, 1993).

3.3. Böcekler

Böcekler, hayvanlar âleminin eklembacaklılar olarak bilinen türleri arasında yer alan altı bacaklı üyeleridir. Tüm eklembacaklıların üst deri ve bacak eklemlerini örten sert bir dış kabuğu vardır. Bu kabuk sayesinde diğer yırtıcı hayvanlardan ve çevre şartlarından korunmaktadırlar.

Dünya üzerinde 850 000'den fazla böcek türü yaşamaktadır. Bu değer bilinen tüm hayvanların sayısının yaklaşık % 70'ine karşılık gelmektedir. Ahşaba zarar veren böcek türlerinin sayısı ise yaklaşık 60 000 kadardır (Ridout, 2004).

Böcekler; barınmak, beslenmek ya da yumurta bırakmak için ahşaba arız olmaktadır. Kullanım yerinde ve eski eserlerde etkili olan böcek türlerinin yanı sıra, taze ve dikili ağaçlarda etkili olan türleri de vardır. Ayrıca sadece açık tohumlu ya da kapalı tohumlu türlere arız olabildikleri gibi, her iki gruptaki ağaç türlerine birden arız olabilenleri de vardır.

Bir böceğin yaşamı birbirini izleyen iki temel evrede gerçekleşmektedir. Bunlar, larva ve erginlik evreleridir. Bazı böceklerin erginleri, bazı böceklerin ise larvaları ahşabı tahrip etmektedir. Larvalar, ahşapta galeriler açarak tahribat yapmaktadır. Bazı böcekler ise sadece mantar arız olmuş ve kısmen çürümüş ahşap malzemede zararlı olmaktadır (Ridout, 2004).

Ahşaba zarar veren böceklerin sınıflandırılmasında iki ayrı yaklaşım vardır. Birinci yaklaşımda, böcekler bulundukları yere ve beslenme şekillerine göre, diğer yaklaşımda ise, taze ve kuru haldeki ağaç malzemeyi etkilemelerine göre gruplandırılırlar. Böcekler bulunuş yerlerine göre ele alındığında; dikili ağaçlarda,

tomruklarda, kullanış yerinde ve eski eserlerde tahribat yapan böcekler şeklinde bir sınıflandırma yapmak mümkündür. Ahşaba zarar veren böceklerin çoğu, uzun mesafeleri uçabilen böcekler değildir. Bu nedenle şehirlerin ortasındaki yapılara ulaşmaları güçtür. Ancak, enfekte olmuş ahşap malzemenin binalarda kullanılması ile şehirlerde de çeşitli yapı malzemesi ve mobilyalarda görülmekte ve yaygınlaşmaktadırlar. Bu nedenle, bulunuş yerlerine göre kesin bir gruplandırma yapmak, bazı hallerde yanıltıcı olabilmektedir (Bletcley, 1966; Bozkurt vd., 1993; Goulson vd., 1993).

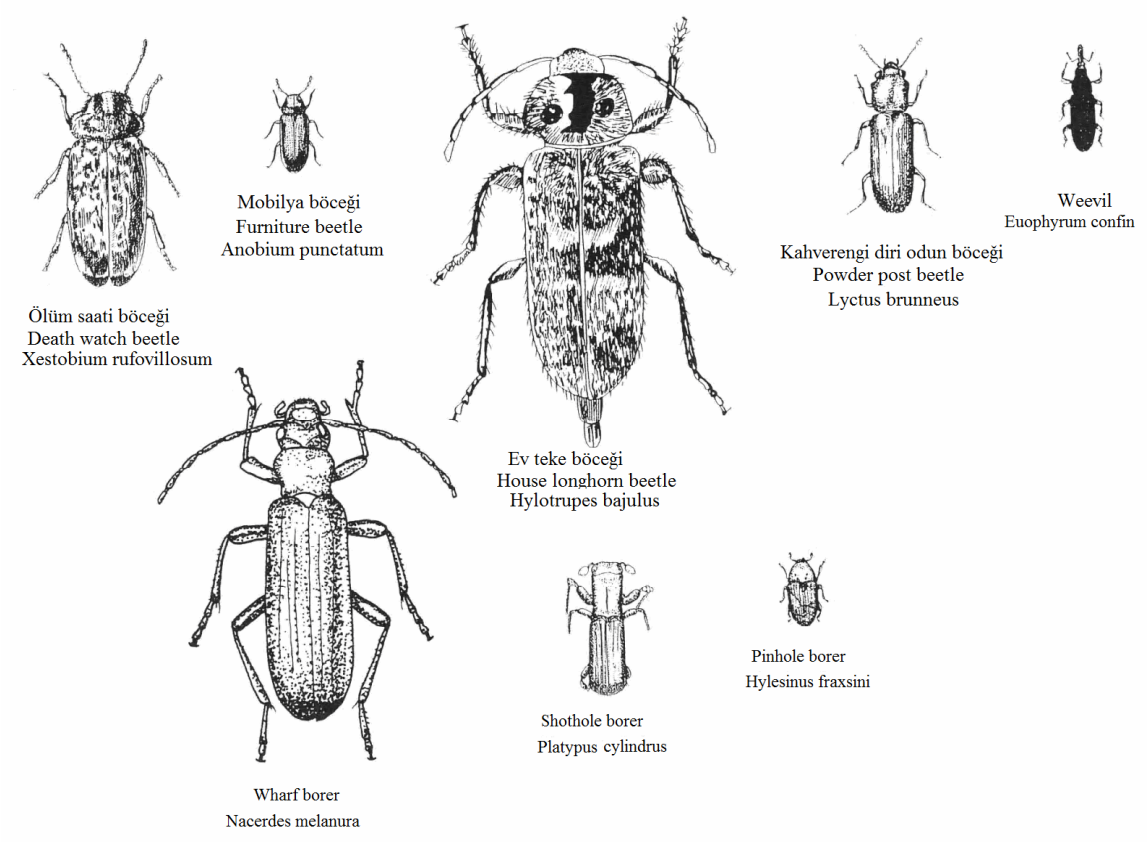
Beslenme şekline göre ele alındığında ise; ahşabın selülozuyla, nişastayla ve mantarlarla beslenen böcekler olarak ayrılmaktadır. Böceklerin beslenme alışkanlıklarında da büyük farklılıklar vardır. Örneğin, bazı böcekler selülozu başka mikroorganizmalar yardımı ile tahrip etmekte, bir kısmı diri odundaki nişasta ile geçinmekte, diğer bazı böcekler ise mantarlarla beslenmektedirler (Bozkurt vd., 1993).

Termitler ve karıncalar da özellikle yüksek rutubetli malzemede zarar yapan böceklerdendir. Koloniler halinde yaşamakta ve malzeme içinde uzun galeriler açamaktadırlar (Hansen, 1999).

Ahşabın öz odunu böceklere karşı, diri odundan daha dayanıklıdır. Çünkü öz odunda, böcekler tarafından kolayca sindirilebilen nişasta gibi besinler ya azdır ya da hiç yoktur. Ayrıca öz odun genellikle böcek ve mantarlar için toksik olan ekstraktif maddeler (tanenler, diğer fenolik maddeler) içermektedirler.

3.3.1. Kullanım yerinde ve eski eserlerde tahribat yapan böcekler

Taze haldeki ağaç malzemeye arız olan böcekler, ormanda yaşayan sağlam ya da hastalıklı ağaçlarda tahribat yapmakta ve kurutulmuş malzemeye arız olmamaktadır. Çünkü kurutulan malzeme içersindeki rutubet miktarı azalmaktadır. Ahşap kuruduktan sonra bu böcekler yaşamlarını sürdüremediğinden, yapılardaki eski ahşap malzemeye zarar vermemektedirler. Bu nedenle ahşap koruma açısından önem taşımamaktadırlar.



Şekil 3.4. Ahşaba zarar veren önemli böcek türlerinin oransal şekilleri (Ridout, 2004)

Kullanım yerinde ve eski eserlerde tahribat yapan böcekler ise, çok kuru ahşap malzemede bile yaşayabilen organizmalardır. Bu böcekler ekonomik önemlerine göre; *Ceramhycidae*, *Anobiidae*, *Lyctidae*, *Bostrychidae*, *Platypodidac* ve *Scolytidac* familyalarında toplanmaktadır (Ridout, 2004).

3.3.1.1. *Anobiidae* (Tos vuran böcekler)

Anobiidae familyasına ait böcekler Türkiye ve dünyanın bir çok yerinde yaygın olarak görülen türlerdir. Hem iğne yapraklı hem de geniş yapraklı ağaç türlerinden elde edilen ahşap malzemede zarar yapabilmektedirler. Özellikle yapılarda kullanılan ahşap malzemeye arız olmaktadırlar. Familyaya ait böcekler ahşabın hücre içeriği ve hücre çeperinde bulunan yapısal polimerlerle beslenmektedir. Ürettikleri enzim sayesinde malzemenin selülozunu tahrip etmektedirler (Ridout, 2004). *Anobiidae* familyasına ait

çok sayıda cins ve tür bulunmaktadır. Bu familyaya dahil olan en önemli böcek türleri ise *Anobium punctatum* (mobilya böceği) ve *Xestobium rufovillosum* (ölüm sati böceği)'dur. *Ptilinus pectinicornis* (tarağımsı antenli tos vuran böcek), *Ernobius mollis* (kemirici yumuşak böcek), *Coelostethus pertinax* ve *Priobium carpini* ise bu familyadaki diğer önemli türlerdir (Şekil 3.4.).

3.3.1.2. *Cerambycidae* (Teke böcekleri)

Teke böcekleri olarak da bilinen *Cerambycidae* familyasında 13000'den fazla tür vardır (Bozkurt vd., 1993). Ancak bunlardan yapılardaki ahşap malzemeye arız olanlar azınlıktadır.

Cerambycidae'lar *Anobiidae*'lerde olduğu gibi hem hücre içeriği ile hem de hücre çeperinde bulunan yapısal polimerlerle beslenmektedirler. Ancak malzemeye asıl zarar veren, böceklerin kendisi değil, larvalarıdır. Bu familyaya ait, yapılarda zarar yapan en önemli böcek türü ise *Hylotrupes bajulus* (ev teke böceği)'dir (Şekil 3.4.).

3.3.1.3. *Lyctidae* (Diri odun böcekleri)

Lyctidae familyasına giren böcekler sadece hücre içeriğinde bulunan nişasta ve serbest şekerlerle beslenmektedir. Hücrenin yapıtaşını oluşturan selüloz ve hemiselülozu tahrip edebilecek bir enzim mekanizmaları yoktur (Ridout, 2004).

Lyctidae'ler sıcak iklim bölgelerinde daha geniş yayılım göstermektedir. Sayıca diğer familyalara göre çok daha az sayıda türü bulunmaktadır fakat özellikle son yıllarda ahşap yapılarda yaygın olarak rastlanmaktadır. İğne yapraklıların bu türlere karşı doğal dayanıklılığı olduğundan sadece geniş yapraklılara zarar vermektedirler (Bozkurt vd., 1993). En önemli türü ise *Lyctus brunneus* (parke böceği)'dir (Şekil 3.4.).

3.3.1.4. *Bostrychidae* (Odun delenler)

Bostrychidae familyası türleri yüksek rutubetli ahşap malzemede zararlı olmaktadır. Hem iğne hem de geniş yapraklı ağaç malzemede tahribat yapabilmektedirler. Odun delenlerin çoğu, rutubet ihtiyacından dolayı taze ahşabı tercih etmektedir (Bozkurt vd., 1993). Bu nedenle, eski eserler ve yapılardaki ahşap elemanlardaki tahripleri önemsizdir. Ancak çok rutubetli yapılarda tahribat yapmaları mümkündür. Familyaya dahil olan en önemli böcek türü *Bostrychus capucinus* (kukuletalı odun delen)'dir.

3.3.1.5. *Platypodidae* ve *Scolyidae* (Öz odun böcekleri ve Kabuk böcekleri)

Platypodidae ve *Scolyidae* familyalarına ait böcekler daha çok tropik bölgelerde yaşayan türlerdir. Dünyanın çeşitli yerlerine dağılımı genellikle bu bölgelerden gelen malzeme yoluyla gerçekleşmektedir (Bozkurt vd., 1993).

Ahşap malzemenin özellikle nişasta içeriği ile beslenseler de, hemiselülozu da tahrip edebilmektedirler. Bu familyalara ait en önemli böcekler "pinholeborers" ve "shotholeborers" olarak bilinen böcek türleridir. Bu böcekler yapılarda genellikle tek başlarına problem olmamaktadır. Ancak bazı küf mantarlarının malzemeye taşınmasına neden olduklarından verdikleri zararın boyutu büyümektedir (Ridout, 2004) (Şekil 3.4.).

3.3.2. Termitler

Dünya üzerinde 2000'in üzerinde termit türü bulunmaktadır. Bu nedenle, termitler ekonomik bakımdan en önemli ahşap tahripçildir. Asya, Afrika, Avrupa ve Amerika'nın tropik bölgelerinde yaşamaktadırlar. Termitler; yapılarda kapı ve pencereler, merdivenler, parmaklıklar, mobilyalar ve açık hava şartlarında kullanılan diğer ahşap yapı elemanlarında zarar yapmaktadır (Grace, 1999).



Resim 3.5. Toprak altı termiti (Grace, 1999)

Termitler tahribatları ile ahşap malzemeyi toz haline getirmektedirler. Ancak malzemenin dış yüzeyi genellikle sağlam kaldığından tahribatı erken farketmek mümkün olmayabilmektedir. Esas besin maddeleri selülozdur. Ufalayarak yedikleri ahşap malzemeyi, bağırsaklarında yaşayan ve selülozu ayrıştıran bakteriler yardımıyla sindirmektedirler (Beal, 1984).

Termitler toplumsal böceklerdir. Birkaç bini bir araya gelerek koloniler oluşturmaktadırlar. Koloniler "termiteri" adı verilen yuvalarda yaşamaktadır. Bu yuvalar toprak altında veya üstünde olabilmekte ancak yaptıkları yuvanın yeri nerede olursa olsun karanlıkta yaşamaktadırlar (Hansen, 1999). Termitler genel olarak dört gruba ayrılmaktadırlar:

- Toprak altı termitleri
- Kuru odun termitleri
- Islak odun termitleri
- Orakçı termitler

Yukarıda sayılan böceklerin yanı sıra çeşitli karıncalar, arı, sinek ve güveler de ahşap malzemeye zarar verebilmektedir. Bu böceklerden eski ahşap malzemeye zarar verebilen önemli türler; *Callidium violaceum, Phymatodes testaceus, Tetropium castaneum, Tetropium fuscum, Monochamus galloproincialis, Monochamus srtor, Criocephalus rusticus, Asemum striatum, Caenoptera minor, Cerambyx cerdo, Cerambyx scopolii, Plagionotus arcuatus, Saperda carcharias, Gracilia minuta, Ergates faber, Leptura rubra* ve *Rhyncolus culinaris*'tir (Bozkurt vd., 1993). Ancak

bunların verdiği zarar hem tahribatın boyutu hem de yaygınlığı açısından, böcek ve termitlerden çok daha azdır.

3.3.3. Ahşabı tahrip eden böceklerin yaşam koşulları

Eski malzemeye arız olan böceklerin gelişmesinde genel olarak; besin maddesi, rutubet ve sıcaklık istekleri etkili olmaktadır.

3.3.3.1. Böceklerin besin maddesi istekleri

Böcekler; selüloz, hemiselüloz, şeker, nişasta ve yumurta akı maddeleri (protein) ile beslenmektedir. Bazı böcek türü larvalarının hızlı gelişimi, odundaki nişasta ve yumurta akı maddeleri miktarına bağlıdır. Odunda, yumurta akı maddesi % 0.5–1.5 arasında, nişasta % 0.5–5.0 arasında değiştiğinde, bu miktarlar böceklerin arız olması için yeterli olmaktadır (Bozkurt vd., 1993).

Hücre içeriği ile beslenen böcekler, genellikle nişasta ve hücre içinde serbest halde bulunan şekerle yaşamını sürdürmektedirler. Beslenmek için selüloz ve hemiselüloza ihtiyaçları yoktur. *Lyctus brunneus* bu gruba giren böcek türlerinden biridir. Hücre içeriği ve kısmen hücre çeperi ile beslenen böcekler ise, nişasta ve hücre çeperi üzerinde bulunan hemiselüloz ile beslenmektedirler. Bu gruba örnek olarak *Hylesinus fraxini* verilebilir. Bu böcekler selülozu ayrıştırarak, kendi başlarına yararlı enzimlere dönüştürebilmektedirler. Mobilya böceği (*Anobium punctatum*), ölüm saati böceği (X*estobium rufovillosum*) bu şekilde beslenen böcek türlerindendir (Serdjukova, 1993).

Ayrıca, birçok böcek türü hücre çeper maddesini doğrudan sindiremediği için, bakteri ve mantar gibi organizmalarla birlikte bulunmaktadır. Böylece, böcekler tarafından sindirilemeyen selüloz, bu organizmalar tarafından, kolayca sindirilebilen yan ürünlere çevrilmektedir. Bu gruba giren böcekler termitleri de kapsamaktadır (Slaytor, 1992).

3.3.3.2. Böceklerin rutubet istekleri

Ahşabı tahrip eden böceklerin yaşamaları ve gelişebilmeleri için suya ihtiyaçları vardır. Bu nedenle ahşap malzemenin, az ya da çok, rutubetli olması gerekmektedir. Gerekli olan rutubet miktarı ise, böcek türleri arasında değişkenlik göstermektedir. Genel olarak, eski ve kuru ahşaba arız olan türlerin dışında, böceklerin rutubet istekleri yüksektir. Kuru ahşaba zarar veren böceklerin ise rutubet ihtiyaçları daha azdır. Yapılan çok sayıda araştırma ile böcek türlerinin her birinin rutubet istekleri ortaya konmuştur. Buna göre, ahşaba zarar veren böceklerin, en az % 9-10 oranında neme sahip ahşap malzemede yaşayabildikleri söylenebilir. İdeal rutubet istekleri ise % 20-40 arasında değişmektedir (Meyer, 1970; Williams, 1983; Goulson vd., 1993). Ancak bir çok böcek türü ideal kabul edilen bu rutubet değerleri dışında da, daha düşük üreme kapasitesiyle de olsa, varlıklarını sürdürebilmektedir.

3.3.3.3. Böceklerin sıcaklık istekleri

Böceklerin ideal sıcaklık ihtiyaçları rutubette olduğu gibi türlere göre farklılıklar göstermektedir. Hatta bir böceğin larva ya da ergin halde ihtiyaç duyduğu sıcaklık miktarı da değişebilmektedir. İdeal sıcaklık istekleri dışında her böceğin yaşayabileceği alt ve üst sıcaklık limitleri vardır. Sınır değerlerin altında veya üstündeki sıcaklıklarda larvaların gelişimi durmakta veya canlılığını yitirmektedir.

Sıcaklık sadece larvaların gelişmesini ve tahribatını değil, böceklerin yayılma ve çoğalmasını da etkilemektedir. Ancak, bazı türler arktik bölgelere adapte olduğu halde, birçok böcek çölün şiddetli sıcağında yaşayabilmektedir (Bozkurt vd., 1993).

Böceklerin sıcaklık istekleri değişkenlik göstermektedir ve farklı böcek türlerinin yaşam ortamları üzerinde en az rutubet ve beslenme alışkanlığı kadar belirleyicidir. Daha sıcak ortamlarda yaşayan böcekler, yapıların sıcak kısımlarında ya da sıcak iklim bölgelerinde gelişirken, *Anobium punctatum* gibi ılıman iklime ihtiyaç duyan böcekler yapıların serin kısımlarında zarar yapmaktadır. Ancak ahşapta zarar yapan böcekler sıcaklık istekleri ne olursa olsun, çok yüksek sıcaklıklarda ölmektedirler. Bu temel

prensip ahşap koruma alanında, böceklerle mücadelede kullanılmaktadır. Türe göre değişmekle birlikte 50-55°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda böcekler ölmeye başlamaktadır (Hansen ve Jensen, 1999).

4. EMPRENYE

4.1. Eprenyenin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi

Emprenye, ahşaba çeşitli yöntemlerle kimyasal maddeler emdirilerek, çürüme ve tahribatın önlenmesidir. Ahşabı besin olarak ya da barınak olarak kullanan organizmalara karşı kullanılan emprenye maddeleri, malzemeyi bu organizmalar için zehirli hale getirmektedir. Yanmayı geciktirici emprenye maddeleri, alevlerin yayılma gücünü kırmakta ve ahşabın tutuşma direncini artırmaktadır. Su itici emprenye maddeleri ahşapta meydana gelen nem değişikliklerini yavaşlatmaktadır. Benzer şekilde farklı kimyasallarla işlem yapılarak, sadece neme değil, asit ve alkali gibi maddelere ya da kullanım alanının gerektirdiği çeşitli özelliklere karşı dirençli hale getirebilmek için ahşaba çeşitli karakteristikler kazandırmak mümkün olabilmektedir. Böylece ahşabın dayanıklılığını normal kullanım süresinin çok üzerinde koruması sağlanmaktadır.

Ahşabı korumak ve daha uzun süre kullanabilmek için yapılan çalışmalar, insan hayatında kullanıldığı her dönemde var olmuştur. Ahşap korumanın tarihi, kıtalar arası ulaşımın sağlandığı ilk dönemlere, yaklaşık olarak M.Ö. 2000'li yıllara kadar uzanmaktadır. Tarımın ve madenciliğin geliştiği, tekerlekli taşıtların yaygınlaştığı, yazının ve alfabenin ortaya çıktığı bu dönemde ticaretin de gelişmesi deniz ötesi alışverişlerin başlamasını sağlamıştır. Bir başka deyişle, ilk ahşap gemilerin yapılması ve dolayısıyla bu gemilerde kullanılacak ahşap malzemenin korunmasına yönelik çalışmalar bu dönemde başlamıştır. Yaklaşık 4000 yıldır da farklı yöntemlerle devam etmektedir (Richardson, 1993).

Yaşamın öldükten sonra da devam ettiğine inanan Eski Mısırlılar, insan ve hayvan bedenlerini korumaya çalışmışlardır. Bunun için muazzam taş yapılar inşa etmişler ve cesetleri burada ahşap sandukalar içinde saklamışlardır. Eski Mısırlılar rutubetten koruyarak ahşabın uzun süre korunabileceğinin farkındadırlar. Bu temel prensipten yola çıkarak, ahşap sandukaların yapımında kullanılan ahşap çivilere doğal koruyucular sürmüşler ve yaptıkları sandukaları, piramitlerin içinde toprak ve rutubetle temasını keserek binlerce yıl korumayı başarmışlardır (Graham, 1973). Bu dönemin

koruma prensiplerinden esinlenerek çok sayıda koruma yöntemi geliştirilmiş olsa da kullanılan koruyucular ve koruma yöntemleri bugün bile kesin olarak çözülememiştir.

M.Ö. 1000'li yıllarda, Eski Yunan Uygarlığı yapılarında kullanılan ahşabın dayanımını artırmak için ahşap dikmeler taş platformların üzerine oturtularak kullanılmış, böylece su ve toprakla teması kesilmiştir. Eski Çin, Mısır, Yunan ve Roma medeniyetlerinde ağaç malzemenin korunması için bitkisel, hayvansal ve mineral yağlar kullanılmıştır. Zeytinyağı ve sedir yağı bu amaçla kullanıldığı bilinen yağlardır. Yunanlıların M.Ö. 500 yıllarında yapılarda kullanacakları ahşap malzemeye delikler açarak içine zeytinyağı akıttıkları ve daha sonra kurutarak koruma sağladıkları bilinmektedir (Bozkurt vd., 1993).

Daha sonraki uygarlıklarda ahşap malzemenin korunması için farklı yöntemler denenmiştir. Örneğin Artemis Tapınağı kısmen yakılarak kömürleştirilmiş ahşap direkler üzerine inşa edilmiştir (Bozkurt, 1988). Ayrıca aynı dönemde, ahşap kuleler, yanmasının önlenebilmesi için alüminyum levhalarla kaplanmıştır. Böylece alüminyumun yanmaya karşı koruyucu bir madde olduğu ilk olarak bu yıllarda ortaya konmuştur (Graham, 1973).

M.Ö. 100'de Mısır ve Çin Uygarlıklarında metalik tuzlar koruma amaçlı kullanılmaya başlanmıştır. Kıbrıs'taki Eski Roma madenlerinde bulunan ahşap direklerin bakır ile korunduğu belirlenmiştir (Richardson, 1993).

Ahşap koruma konusunda ilk yazılı bilgiler M.Ö. 234-149 yıllarında Marcus Porcius Cato tarafından bırakılmıştır. Ancak daha kapsamlı ve aydınlatıcı bilgiler Romalı doğa bilimci Pliny tarafından M.S. 23-79 yıllarında yazılmıştır. Pliny, ahşap teknolojisi ve ahşap koruma konusunda temel bilgileri saptamıştır. Yumuşak ağaçların çürümeye daha eğilimli olduğunu; servi, sedir, abanoz gibi ağaç türlerinin su altında bile dayanıklı olabileceğini belirtmiştir. Buna ilaveten, ahşabı tahrip eden delici kurtlar ve tahrip şekilleri konusunda bilgiler vermiş ve ahşap korumada kullanılabilecek 48 farklı yağ listesi çıkararak özelliklerini açıklamıştır (Rackham, 1945).

Emprenyenin atası sayılabilecek bu uygulamalar, benzer şekilde yüzyıllarca kullanılmıştır ve emprenye maddeleri ve teknikleri konusunda uzun süre önemli bir gelişme olmamıştır. Kıtalar arası taşımacılığın artması ile birlikte, ahşap koruma konusunda daha kesin kararlar alınması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Deniz taşımacılığında her seyahat için en az 200 ahşap küreğe ihtiyaç duyulması ve bu

küreklerin yolculuk sırasında, deniz zararlılarınca kısa sürede tahrip edilmesi bu zorunluluğu beraberinde getirmiştir. Böylece ilk olarak 1470-1492 yıllarında, resmi olarak, deniz taşıtlarında kullanılan ahşap malzemenin korunmasına yönelik bir karar alınmıştır (Lane, 1934). Ardından 1548'de kürek ustaları bir rapor yayınlayarak, kürek yapımında kullanılan ahşabın uygun şekilde korunursa yeteri kadar dayanabileceğini belirtmişlerdir. Bütün bu gelişmelere rağmen deniz zararlılarının neden olduğu tahribat bir çok ülke için büyüyerek devam etmiştir. Son olarak 1590'da İspanyol Donanması'na ait yüz geminin Batı Hindistan'da deniz zararlılarınca tamamen tahrip edilmesi bu konuda daha ciddi önlemler alınmasını ve ahşap koruma konusundaki araştırmaların artmasını sağlamıştır (Graham, 1973).

1630-1830 yılları arasında buhar makinelerinin icadı ile endüstrileşme büyük bir aşama kaydetmiştir. Bu iki asır içerisinde aynı zamanda deniz ve denizyolları taşımacılığının ve telgraf ile haberleşme sistemlerinin büyük gelişimi sonucunda ahşap malzeme gereksinimi de artmıştır (İlhan, 1980). Bilim adamları bu gereksinimin karşılanabilmesi ve ahşap malzemenin uzun süre kullanılabilmesi için bu dönemde yoğun bir şekilde çalışmalar yapmışlardır.

1657 yılında ahşap malzemenin yakılarak kömürleştirilmesi, üzerine katran sürülmesi ve pirolignik asite batırılması yöntemleri geliştirilmiştir. Daha sonraki 150 yıl içinde ahşap malzemenin emprenyesi için yağlar, tutkallar, reçineler, kauçuk, tuzlar, katran yağları ve çeşitli endüstriyel atıklar denenmiştir (Richardson, 1993).

1800'lü yıllardan itibaren ise emprenye konusunda önemli gelişmeler yaşanmıştır. 1817 yılında William Chapman gemilerde ahşap malzemenin kullanım süresini uzatmak için bugün de kullanılan birçok emprenye maddesini kapsayan bir liste hazırlamıştır. Bunların içinde sadece, bugün kullanılmakta olan organik çözücülü emprenye maddeleri yoktur. Daha sonraki yıllarda dünyada demir üretimi artmış ve bu amaçla kullanılan kömürün destilasyonu sonucu çok miktarda kreozot elde edilmiştir. Bir yandan da demiryollarının gelişmesi, telefon ve telgraf sistemlerinin kurulması, gemi yapımının ilerleme göstermesi, bu alanlarda kullanılacak ahşap malzemenin dayanma sürelerinin artırılması konusunu gündeme getirmiştir. Ve bu dönemde kreozot yaygın olarak kullanılan bir emprenye maddesi haline gelmiştir (Richardson, 1993).

1831 yılında Fransız Jean Robert Breant, kapalı bir çelik kazanda basınç altında uygulanan bir emprenye metodunun patentini almıştır. Böylece bugün kullandığımız anlamda ilk emprenye işlemi gerçekleştirilmiştir (Richardson, 1993).

1832'de İngiltere'de Kyan tarafından civalı klorür ile ilk emprenye işlemi gerçekleştirilmiş ve ıslak mekanlarda kullanılan ahşap ve halatlar başarıyla emprenye edilmiştir. 1837'de Margary, ahşabı bakır sülfat eriyiğinde bekleterek emprenye etmiştir. 1838 yılında Burnett, basınç altında çinkoklorür çözeltisi kullanarak, temel emprenye yöntemlerinin geliştirilmesi konusunda çok önemli bir adım atmıştır. Geliştirdiği yöntem, o dönemde Kraliyet Donanmasının korunmasında başarıyla kullanılmıştır ve bugün de Burnett Yöntemi olarak hala geçerliliğini korumaktadır (Graham, 1973).

Ardından Bethell, kreozotla emprenye işleminde önce vakum sonra basınç uygulayarak daha iyi nüfuz sağlayan bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntemle odun hücreleri tamamen kreozot ile dolduğu için, yönteme dolu hücre metodu olarak adlandırılmıştır. İleriki yıllarda bu yöntem de geliştirilerek farklı kimyasallarla uygulanabilirliği sağlanmıştır.

1841'de Payne demir sülfat ve ardından kalsiyum sülfürle uyguladığı iki safhalı emprenye yönteminin patentini almıştır. 1853'de Londra'da Sivil Mühendisler Enstitüsü toplanarak, ahşap koruma üzerine bir rapor oluşturmuşlardır. Raporda; ahşabın yapısında bulunan maddeler, su-sıcaklık ilişkileri, ahşabın tahrip olmasına neden olan deniz zararlıları, mantarlar ve ahşap koruma için alınabilecek önlemlere değinilmiştir (Graham, 1973).

1868'de Clark, kreozotla emprenye edilen ahşabın dayanıklılığını ölçmek için marine testlerini kullanmış ve elde ettiği sonuçları yayınlamıştır. Ahşabın bütün süreçlerde emprenye edilmeden önce kurutulması gerektiğini belirtmiştir. Clark'ın raporunda sözü edilen koruyucu testler benzer şekillerde hâlâ kullanılmaktadır. 1870'de ise Julius Rütgers, çinkoklorür ve karboksil asitli kreozot karışımı ile uygulanan ve bugün de kullanılmakta olan dolu hücre yöntemini geliştirmiştir (Carter, 1962).

1900'lere yaklaşırken, kimyacılar ve mühendisler ahşabın emprenyesi için yeni koruyucular ile yöntemler denemişler ve emprenye ekipmanlarını oldukça gelişmiş bir düzeye getirmişlerdir. Bir yandan da, ahşabın biyolojik zararlılarca tahrip edilmesi sürecine yönelik araştırmalar yapılmış ve bozulma süreci çözülmeye başlanmıştır.

1800'lerin başlarında Benjamin Jonson, Theodore Hartig gibi araştırmacılar ahşabı tahrip eden mikroorganizmalara yönelik araştırmalar yapmış olsalar da bu bilgilerin geliştirilmesi zaman almıştır. Robert Hartig, babası Theodore Hartig'in 1833'de fark ettiği mantar ve ahşap ilişkisi konusunda doğru değerlendirmeler yaparak, ahşapta yaşayan mantarlar, yaşam ortamları ve üreme sistemleri ile ilgili önemli bilgiler veren ilk araştırmacıdır. Hartig, 1878'de kuru çürüklük mantarları ve ahşap üzerindeki etkilerini net olarak saptamayı başarmıştır (Richardson, 1993). Ahşabın yapısını bozan biyolojik zararlıların daha iyi tanınmaya başlaması, uygulanan çözüm yöntemlerinin de başarısını artırmıştır.

Boulton, 1884'de yayınladığı "On the Antiseptic Treatment of Timber" adlı yayınında ahşabın bozulma nedenleri ile ilgili çok önemli teorilere yer vermiştir. Boulton ayrıca yeni bir basınç uygulayan emprenye tekniği geliştirmiş ve yaş haldeki ahşap malzemenin basınçlı kazanlarda kurutularak emprenye edilmesini sağlamıştır. Boulton metal tuzları ile korumaya şüpheci yaklaşmış ve uygulamalarında kömür katranının destilasyonundan elde edilen yağlar kullanmış, naftalen gibi farklı maddelerin ahşap korumada kullanılabilirliği konusunda önemli deneyler yapmıştır (Graham, 1973).

1902 yılında odunsu hücrelerin tamamının değil, sadece hücre çeperlerinin emprenye maddesi ile örtülmesini sağlayan bu nedenle daha ekonomik ve pratik olan boş hücre metodları geliştirilmiştir. İlk kez Wassermann tarafından bulunan yöntem Rueping ve Lowry tarafından geliştirilerek yeni ve daha ekonomik boş hücre metodlarının uygulanması sağlanmıştır.

1910'da Wisconsin Üniversitesi'nde kurulan Orman Ürünleri Laboratuarı (USFPL), dünyada bu alanda çalışan ilk araştırma enstitüsü ve laboratuar olarak ahşap ve ahşap koruma alanında yapılan araştırmalara hız kazandırmıştır. Enstitü aynı zamanda günümüzde ahşap koruma alanında yapılan yayınlar içinde başyapıt olarak kabul edilen "Preservation of Structurel Timber (Wies-1916)" gibi çok önemli yayınların oluşturulması konusunda destek vermiştir (Peterson, 1960). Ardından Kanada'da ve birçok ülkede benzer amaçlı enstitüler ve laboratuarlar kurulmuş, emprenye tesisleri açılmış, ahşap koruma ve emprenye alanındaki uygulamalar bugünkü şeklini almaya başlamıştır.

1921'de Almanya'da Wolman tarafından geliştirilen bandajlarla, tel direklerin toprak içindeki ve toprak üstündeki riskli kısımların bandajlanarak, dıştan takviyeli bir emprenye yöntemi ile daha uzun süre dayanması sağlanmıştır (Wolman, 2003). Böylece, yerinde uygulanabilecek bakım ve emprenye yöntemleri ile ilgili önemli bir adım atılmıştır.

1930'da Shinn, buharlama ve alçak basınç uygulamasının emprenyede kullanılmasını sağlamıştır. 1931'de Schmittutz, osmos yöntemini geliştirmiştir. 1938'de Auguste Boucherie, yeni kesilmiş taze malzemenin emprenye edilmesini sağlayan besi suyunu çıkarma yöntemini geliştirmiştir (Hunt ve Garratt, 1967).

1946'da Sten Henrikson, ahşabın değişken basınç uygulamasıyla emprenye edilmesini sağlayan osilasyon yöntemini bulmuştur. Her aşamasında vakum ve basınç arasında tespit edilmiş yüzlerce tekrarlama ile yapılan yeni bir uygulama şekli ortaya çıkarmıştır (Bozkurt vd., 1993). Aynı yıllarda tetraklorfenol, sodyum tuzları ve pentaklorfenol gibi mantarlara karşı etkinliği yüksek ve ekonomik emprenye maddeleri geliştirilmiştir (Becker ve Theden, 1969).

1952'de Gilward ve Jonat, güç emprenye edilen bazı ağaç türlerinin daha etkin emprenye edilmesini sağlayan Basamaklı Basınç yöntemini geliştirmişlerdir. 1967'de Goulet, geçit zarlarını mekanik sıkıştırma ile tahrip ederek sıvı geçişini artırmayı sağlamış böylece emprenye işlemini kolaylaştırmıştır (İlhan, 1988).

1950'li yıllardan itibaren ahşap koruma alanında önemli araştırmalar ve yayınlar yapılmış, çok sayıda uluslararası komite kurulmuştur. International Union of Forest Research Organizations (IUFRO), International Research Group on Wood Preservation (IRGWP), European Committee for the Homologation of Wood Preservatives uluslararası komitelerden bazılarıdır.

Ülkemizde ise ilk olarak 1915'de Denizli'de kurulan emprenye tesisi ile demiryolları traversleri emprenye edilmeye başlanmıştır. Ardından 1931'de İzmir'de kreozotla işlem yapan ikinci bir emprenye tesisi kurulmuştur. Üçüncü olarak Bolu'da dolu hücre metodu ve suda çözünen tuzların kullanıldığı bir tesis açılmıştır.

Daha sonraki yıllarda özel teşebbüsün de piyasaya girmesiyle, binalarda dış cephe kaplamaları ve pencere doğramaları için çalışan küçük tesisler açılmıştır. Bunların çoğu çift vakum yöntemi ile ve organik çözücülü emprenye maddeleri ile çalışmaktadır.

Son yıllarda biyoteknolojinin de ahşap koruma alanında kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, emprenye konusunda gelişmeler hızlanmıştır. Bu alanda kullanılan kimyasalların özellikleri, ahşabın emprenye edilebilirlik özellikleri, emprenye sonrası hücre yapısındaki değişiklikler gibi pek çok alanda kapsamlı çalışmalar yapılmaktadır (Mai vd., 2004). Böylece biyolojik bozulmaların kontrolünde, geleneksel yöntemlerin yanı sıra alternatif çözümler de kullanılabilmektedir.

Ayrıca emprenye teknikleri bugün sadece masif ahşapta değil, ahşap kökenli levhaların üretiminde de kullanılabilmektedir. Ahşap yongalarının emprenye maddeleriyle birlikte harmanlanarak şekillendirilmesiyle değişik özelliklere karşı, dayanıklı levhalar üretilmesi mümkün olmaktadır (Albano vd., 2001). Çağdaş ahşap yapılarda kullanılan, masif ahşap ve lamine ahşap levhalarda bu tekniklerin uygulanmasıyla çok dayanıklı yapı elemanları elde edilebilmektedir (Slavid, 2005).

4.2. Emprenye Maddeleri

Ahşap malzemenin korunmasını sağlayabilmek için önceleri hayvansal, bitkisel ve mineral yağlardan yararlanılmıştır. Endüstrinin gelişmesiyle birlikte ise kimyasal maddeler kullanılmaya başlanmıştır. 1850'li yıllarda kok kömürü üretimi sırasında yan ürün olarak elde edilen kreozot; ayrıca bakır, çinko, arsenik ve civa bileşiklerinin bu amaç için kullanılabileceği belirlenmiştir (Hartforrt vd, 1973). Daha sonra bazı endüstrilerin yan ürünü olarak elde edilen yüzlerce kimyasalın kullanılma imkânları araştırılmıştır.

Bugün bilinen 2500 civarında emprenye maddesi vardır. Bunlardan bazıları tek başına, bazıları ise bir kaçı bir arada kullanılabilmektedir. Emprenye maddeleri; yağlı maddeler, organik çözücülü maddeler ve suda çözünen maddeler olmak üzere üç genel grupta değerlendirilebilir. Yılda ortalama 30 milyon m³ ahşap çeşitli yöntemlerle emprenye edilmektedir. Bunun için, toplam 350 000 ton yağlı emprenye maddesi ile 200 000 ton suda çözünen ve organik çözücülü emprenye maddesi kullanılmaktadır. Bu koruyucular, uygulandıkları ahşap malzemenin servis ömrünü 5-15 kat artırabilmektedir (UNEP, IE/PAC, 1994).

4.2.1. Yağlı emprenye maddeleri

Kreozot, katran yağı, maden kömürü katranı ve petrol ürünleri bu gruba girmektedir. Toprakla temas eden tüm ahşap malzemelerde, betona gömülen ya da toprak üzerine oturtulmuş ve betonla temasta olan ahşap malzemelerde, deniz araçlarında kullanılan ahşap malzemede yağlı emprenye maddelerinin kullanılması gerekmektedir. Bu tip kullanım yerlerinde, basınç uygulayan ya da sıcak-soğuk metodlar kullanılmaktadır. Yağlı emprenye maddelerini, dış duvar kaplaması, çit gibi ince ahşap malzemede yüzeysel yöntemlerle de uygulamak mümkündür (Bozkurt vd., 1993). Önemli yağlı emprenye maddeleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Kreozot

Kreozot bugün de kullanılmakta olan emprenye maddeleri içinde en eskisidir. Toprakla doğrudan temas, açık hava etkileri gibi ağır şartlara maruz kalan malzemeler için tercih edilmektedir (Sheard, 1988).

Maden kömürünün destilasyonu sırasında 200-400°C'ler arasında elde edilen bir üründür. Bileşiminde katran asitleri (fenol, kresol, ksilenol), katran bazları (püridin, kinolin, akridin) ve nötr yağlar (naftalin, antrasen vb) bulunmaktadır (Richardson, 1993).

Kreozot, hem mantarlara hem de böceklere karşı yüksek etkinliği olan bir maddedir. Suda çözünmediği için suyla yıkanmamaktadır. Metallerle korozyon yapmamakta ve çatlamayı önlemektedir. Ancak kreozotla emprenye edilen malzeme boyanamamaktadır. Kötü kokusu nedeniyle gıda maddesi ambalajı ya da binaların iç donanımlarında da kullanılması sakıncalıdır (Bozkurt vd., 1993).

Kreozot genellikle boş hücre metodlarıya uygulanmaktadır. Sık yenilenmesi koşuluyla ince malzemelerde püskürtme, fırçayla sürme gibi yöntemler de kullanılabilmektedir.

Karbolineum

Koyu kahverengi bir katran yağıdır. Kreozota göre daha çok oranda ve kaynama noktası yüksek katran yağı içermektedir. Zehirlilik etkisi kreozottan azdır ve daha uçucudur. Mantarlara ve böceklere karşı koruyucudur, ancak nüfuz derinliği kreozottan daha düşüktür. En yaygın uygulama yöntemleri; sıcak-soğuk tank metodu, sürme ve püskürtme yöntemleridir (Bozkurt vd., 1993).

Odun katranı ve katran yağı

Odun katranı, odun kömürü elde edilirken ara ürün olarak meydana gelmektedir. Odun katranının damıtılması ile de katran yağı elde edilmektedir. Her iki ürün de emprenye maddesi özelliği taşımaktadır ancak az üretildiğinden ve standart kalitede olmadığından emprenye endüstrisinde önemli bir yeri yoktur. Sadece reçinece zengin olan iğne yapraklı ağaç katranı, gemilerde ahşap malzemeye uygulanarak emprenye maddesi olarak kullanılmaktadır. Katran yağı tek başına ya da kreozotla karıştırılarak kullanılabilmektedir (Bozkurt vd., 1993).

Katran yağı da kreozot gibi yoğun bir kokuya sahiptir. Bu nedenle yapıların iç kısımlarında kullanılmamalıdır.

Petrol ürünleri

Yağlı emprenye maddeleri grubuna giren petrol ürünlerinin herhangi bir koruyucu etkileri bulunmamaktadır. Ancak emprenye işlemi için kreozotla karıştırılarak veya organik çözücülü emprenye maddelerinde solvent (çözücü) olarak kullanılmaktadır (Bozkurt vd., 1993).

4.2.2. Organik çözücülü emprenye maddeleri

Petrol destilasyon ürünleri olarak elde edilen, organik çözücülerde çözülmüş fungisit[1] ve insektisit[2] özellikteki koruyucu maddelerdir. Bu bakımdan, yüzlerce bileşik içeren ve çözücü bulunmayan kreozottan tamamen farklıdır. Emprenye işleminden sonra organik çözücü buharlaşmakta, geriye aktif kimyasal maddeler kalmaktadır. Organik çözücülü emprenye maddeleri suda çözünmediğinden, uzun süre koruyuculuklarını sürdürebilirler (Bozkurt vd., 1993).

En önemlileri tribütil-tin-oksit (TBTO), naftenatlar, organik kalay bileşikleri, organik civa bileşikleri, klorlu hidrokarbonlar, pentaklorfenoldür. Ayrıca bu koruyucuların böceklere karşı etkisini artırabilmek için lindan ve dieldrin de ilave edilebilmektedir (Ridout, 2004).

Doğru çözücü seçildiğinde bu emprenye maddeleri ahşabın rengini değiştirmemekte, malzemede şişme ya da çarpılmaya neden olmamakta, korozyon etkisi yapmamaktadır. Dış kapıların, prefabrik yapı elemanlarının ve pencere doğramalarının emprenyesinde en çok kullanılan maddelerdir.

Organik çözücülü emprenye maddelerinin, kokusuz olmaları nedeniyle gıda ambalajları dahil bir çok kullanım alanı vardır. Ancak çözücüleri diğerlerine göre oldukça pahalıdır. Sürme, daldırma, batırma ve çift vakum yöntemleri ile uygulanabilmektedir. Emprenye işleminden sonra çözücü buharlaşıncaya kadar, emprenye edilmemiş malzemeye göre daha kolay tutuşuyor olması organik çözücülü emprenye maddeleri için bir dezavantajdır (Bozkurt vd., 1993). Bu riske önlem olarak uygulama sonrası çözücü buharlaşıncaya kadar ortamın havalandırılması gereklidir.

Klorlu hidrokarbonlar

Klorlu hidrokarbonlar böceklerle mücadelede etkinlikleriyle bilinen kimyasal maddelerdir. Ahşap malzemenin korunmasında kullanılan en önemli hidrokarbon bileşikleri lindan ve dieldrindir.

1- Mantarlara karşı koruyucu etkisi olan madde
2- Böceklere karşı koruyucu etkisi olan madde (Lincoln vd., 1989)

Son yıllarda dieldrin ve DDT gibi klorlu hidrokarbonların kullanımı birçok ülkede yasaklanmıştır. Lindan (hekzaklorbenzen) ise çevre kirliliği ve insan sağlığı açısından diğer klorlu hidrokarbonlara göre daha zararsız bir madde olarak kabul edilmektedir (Bozkurt vd., 1993). Klorlu hidrokarbonlar tek başına veya pentaklorfenol ve suda çözünen tuzlarla birlikte kullanılabilmektedir.

Pentaklorfenol

Pentaklorfenol birçok ülkede yaygın olarak kullanılmakta olan, mantarlara karşı çok etkili bir maddedir. Suda çözünmeyen, yıkanmayan, uçucu olmayan, metallerle korozyon yapmayan önemli bir emprenye maddesidir. Binalarda hafif petrol yağında çözünerek kullanılmaktadır (Sheard, 1988). Ancak son zamanlarda insan sağlığı için sakıncaları en fazla tartışılan maddelerden biridir ve bazı ülkelerde ahşap koruma alanında kullanımı yasaklanmıştır. Bu nedenle pentaklorfenol içeren koruma maddeleri, insanların sürekli oturduğu ya da yiyeceklerin bulundurulduğu ortamlarda kullanılmamalıdır.

Tribütiltin oksit (organik kalay bileşikleri)

Mantarlara karşı çok etkili olan, renksiz ve sıvı halde uygulanan bir maddedir. Memelilere karşı etkisinin az olması, malzemenin boya tutma özelliğini etkilememesi, suda çözünmemesi ancak organik çözücülerle kolayca çözünmesi nedeniyle de önemli bir emprenye maddesidir (Bozkurt vd., 1993).

Naftenatlar

Naftenik asitler bazı ham yağların rafine edilmesinde yan ürünler olarak elde edilmektedir. Bakır ve çinko naftenatlar uzun süredir endüstride kullanılan maddelerdir. Ahşap malzemenin emprenyesinde, mantarlara karşı daha zehirli olması nedeniyle daha

çok bakır naftenatlar tercih edilmektedir. Malzemenin eğilme direnci, yük taşıma direnci gibi özelliklerini önemli ölçüde etkilememektedir (Barnes vd., 2005). Ancak bakır naftenatlar uygulandığı malzemenin rengini değiştirmekte ve üst yüzey işlem uygulamalarını güçleştirmektedir.

Bakır 8-kinolinolat

Saf bileşimi hafif petrol çözücülerde ve suda çözünmemektedir. Kristaller halindedir ve 300˚C'de buharlaşmaktadır. Emprenye endüstrisinde nikel 2-etilhekzoat içeren yağlı bir madde içerisinde çözünür hale getirilmektedir. Termitler dışındaki tüm ahşap zararlılarına karşı etkilidir. Genellikle gıda maddesi ambalajlarında kullanılmaktadır (Bozkurt vd., 1993).

Benzalkoniumchlorid

Solvent esaslı bir ahşap ön koruma ürünüdür. Renksizdir ve çabuk kurur. Böceklere ve çeşitli mantar türleri ile mavi çürüklüğe karşı ön koruma sağlar. Kurumadan sonra ahşap; metal, cam ve bitümlü malzemelerle temas ettirilebilir. Mantarlanma tehlikesi ve hava şartlarına maruz kalma durumu olan ahşap malzemenin korunması için kullanılmaktadır. Taşıyıcı elemanlar için de kullanılabilmektedir (Remmers teknik föy, 2007).

Permetrin

Işığa dayanıklı piretroidlerden olan permetrin İngiltere'de geliştirilmiştir. Permetrin yalnızca ahşap malzemede değil, aynı zamanda bit tedavisi gibi nedenlerle sağlık sektöründe de kullanılan bir koruyucudur. Günümüzde permetrin; koruyucu özelliği, kullanım kolaylığı, yan etkilerinin az olması ve güvenilir olması nedeniyle en çok tercih edilen koruyuculardan biridir (Yavuz ve Şanlı, 1999).

4.2.3. Suda çözünen emprenye maddeleri

Ahşap malzemenin emprenyesinde kullanılan ilk tuzlar; civaklorür, çinkoklorür, bakırsülfat gibi metalik tuzlardır. Ancak suda çözünür olduklarından, bu maddelerle emprenye edilmiş malzeme, yağış ve toprakla temas halinde yıkanabilmektedir. En ucuz, iyi tanınan ve kolay erişilebilir emprenye maddeleri olmaları, kokusuz olmaları, üst yüzey işlemleri sırasında malzemenin performansını etkilememeleri gibi olumlu özellikleri nedeniyle sıkça tercih edilirler. Kromlu tuzlar, arsenikli tuzlar, bakırlı tuzlar, fluorlu tuzlar, melamin formaldehit, çinkolu tuzlar ve borlu tuzlar suda çözünen emprenye maddelerinden bazılarıdır (Lukowsky, 2002).

CCA (Bakır-Krom-Arsenik) tipi emprenye maddeleri

CCA tuzları, bakır, krom ve arsenikli inorganik maddelerdir. CCA tuzları, bilinen en etkili emprenye maddelerinden biridir. Ahşabın yapısında suda çözünmeyen maddeler oluşturmakta ve iyi fikse olmaktadır (Clausen ve Smith, 1998).

40 yıldan uzun süredir kullanılan CCA, ahşabın servis ömrünü önemli ölçüde artırmaktadır. Bu nedenle özellikle suya maruz kalan, toprakla direk temas halinde olan yerlerde ve su altı kullanımlarında tercih edilmektedir (Bull vd., 2001). CCA aynı zamanda çam gibi reçineli ağaç türlerinde sıkça görülen reçine sızması sorununu azaltmaktadır (Dawson vd., 2002).

Kristal tozların kuru karışımı, macunlar ve konsantre sıvılar halinde, farklı konsantrasyonlarda kullanılabilmektedir. Bu özelliği farklı yöntemlerle uygulanabilmesini ve taşınmasını kolaylaştırmaktadır (Dhamodaran ve Gnanaharan, 2001). Koku yaymayan, boyanabilen, metallere korozyon etkisi yapmayan özellikleri ile de tercih edilmektedir. Ancak CCA ve krom-arsenik içerikli bileşiklerin kanserojen etkileri olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle çevre ve insan sağlığı açısından tehlikeli bulunmaktadır (Edlund vd., 1998).

CCB (Bakır-Krom-Bor) tipi emprenye maddeleri

Bakır, krom ve bor karışımından hazırlanan CCB tuzları çeşitli ülkelerde Celcure-M, Wolmanit-CB, Tanalith-CB (Triolith-CB) olarak bilinmektedir. Bakır sülfat, potasyum veya sodyum dikarbonat ve borik asidin belirli oranlarda kuru karışımı şeklinde üretilmektedir. CCB tipi emprenye maddeleri genellikle vakum-basınç, osilasyon basınç, besi suyunu çıkarma ve daldırma yöntemleriyle uygulanmaktadır (Richardson, 1993).

Bor bileşikleri, ahşap korumada iyi tanınan kimyasallardır. Ucuzluğu, kolay elde edilebilirliği, biyolojik zararlılara karşı performansı ve çevre güvenliği nedeniyle 20. yüzyılın başlarından beri kullanılmaktadır (Baysal ve Yalınkılıç, 2005). Kahverengi çürüklük yapan mantarlar da dâhil olmak üzere, mantarlar, deniz zararlıları ve termitler için kullanılabilmektedir (Humar vd., 2004).

İçerisinde arsenik ve fluor maddelerini içermemesi, insan ve hayvanlar için zehirli etkisini geniş ölçüde azaltmıştır (Humar vd., 2004). Toz halinde, yanmayan, ambalaj içerisinde, kapalı, kuru yerlerde sınırsız olarak bozulmadan saklanabilen kokusuz bir emprenye maddesidir.

Ahşap ve ahşap kökenli levhalara uygulanabilmektedir. Gaz veya sıvı halde uygulanabilmektedir. Uygun yöntemlerle kullanıldığında malzemenin renginde değişiklik yapmazlar. Korosif etkileri yoktur. Kokusuzdur ve memelilere karşı zehirli etki göstermemektedir (Tsunoda, 2001).

Bor bileşikleri

Genellikle taze haldeki malzemenin difüzyon yoluyla emprenyesinde disodyum oktaborat tetrahidrat ($Na_2B_8O_{13}4H_2O$) olarak bor bileşikleri ve borik asit kullanılmaktadır (Baysal vd. 2004). Borlu emprenye maddeleri, mantar ve böceklere karşı çok etkilidir, ancak malzemede iyi fikse olamamaktadır. Özellikle toprakla temas eden veya benzeri rutubet şartlarında kullanılacak olan malzemenin emprenyesinde yetersiz kalmaktadır. Yapılarda su basmanı seviyesi üzerindeki malzemenin emprenyesi için ise çok uygundur (Gao vd., 2006).

Bor bileşiklerinin aynı zamanda malzemenin tutuşmasını geciktirici özellikleri vardır. Borik asit ve boraks gibi borlu bileşikler bu amaçla birlikte veya tek tek yaygın olarak kullanılmaktadır (Wang vd., 2005).

N, N-Bis (3-aminopropyl) dodecylamin, Propiconazol

Organik bileşenler ihtiva eden, ancak suda çözünebilen ve suyla inceltilerek kullanılan bir emprenye maddesidir. Basınçlı tanklarla, sürme yoluyla, püskürtme veya daldırma yöntemiyle uygulanabilmektedir. Mantarlara, böceklere ve dış hava şartlarına karşı koruma sağlamaktadır (Remmers teknik föy, 2007).

ACA (Amonyaklı bakır arsenik)

Bakır esaslı bir emprenye maddesi olan ACA, özellikle toprakla temas eden yapılarda ve deniz içinde kullanılacak ahşap elemanlarda etkilidir. Emprenye işleminden sonra amonyak buharlaştığından geriye odunda fikse[1] edilmiş, suda çözünmeyen bakır ve arsenik kalmaktadır. ACA'nın sakıncası ise amonyağın bakır alaşımlarına etki yapmasıdır (Bozkurt vd., 1993). ACA tipi emprenye maddeleri sadece ahşap elemanların değil, ahşap kökenli levhaların emprenyesinde de kullanılabilmektedir (Muin ve Tsunoda, 2003).

PAS (Pentaklorfenol/Amonyak/Solvent) tipi emprenye maddeleri

Sudaki amonyak eriyiğine alkollü pentaklorfenol eklenerek elde edilen suda çözünür bir emprenye maddesidir. Mantarlara karşı etkilidir. Emprenye maddesinin korozyon etkisi göstermemesi için, uygulamada oldukça seyreltilmiş olarak kullanılması gereklidir (Bozkurt vd., 1993).

---

(1)Fiksasyon; suda çözünebilir emprenye maddesi bileşenlerinin, çözünemez ya da yıkanmaya dirençli hale getirilmesinin sağlandığı kimyasal bir reaksiyondur (Cooper vd., 1993).

Amonyum bileşikleri

Toksin içerikli kimyasalların korozyon önleyici, ahşap koruycu ya da mikrop öldürücü olarak yaygın olarak kullanılması çevresel sorunları da beraberinde getirmiştir. Toksinlerin canlı organizmalarda biriktiğinin belirlenmesinden bu yana, bu maddeler çevre ve insan sağlığı açısından sorgulanmaktadır. Bu nedenle, son yıllarda arsenik, bakır gibi ağır metaller yerine yeni nesil ahşap koruyucuların geliştirilmesi önem kazanmıştır (Zabielska vd., 2006; Fossum ve Walcheski, 2005). Yeni nesil ahşap koruyuculardan kuaterner amonyum bileşikleri (QAC) ve alkilammonyum bileşikleri (AAC) üzerinde geniş kapsamlı çalışmalar yapılmaktadır. Mikrop öldürücü olarak bir süredir kullanılan bu maddeler mantar ve termitlere karşı etkili ve korozyona neden olmayan maddelerdir (Butchter vd., 1977).

Didesildimetil amonyum tetrafluorborat da (DBF) biyolojik aktiviteye karşı etkili ve kalıcılığı olan bir bileşiktir (Hwang vd., 2006). DBF çözeltisi, yüzeysel yöntemlerle uygulandığında da mantar ve termit ataklarına karşı koruyucu özelliği olan ve dış mekânda da kullanılabilecek bir maddedir (Hwang vd., 2005).

4.3. İyi Bir Emprenye Maddesinde Bulunması Gereken Özellikler

İlk çağlardan bu yana ahşap malzemeyi koruyabilmek için çeşitli yöntem ve malzemeler geliştirilmiştir. Bugün ise, bilinen binlerce farklı emprenye maddesi vardır. Ancak bunlardan çok azı pratikte yararlı olabilmektedir. Keefe'ye göre (2005), emprenye maddesinin kalitesi; hücre çeperi üzerindeki etkisine, malzemenin yapısal özelliklerinde değişiklik yapıp yapmamasına, kalıcılığına ve etkinliğine bağlıdır. Nitelikli bir emprenye maddesinin sahip olması gereken temel özellikler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

4.3.1. Zehirlilik

Nitelikli bir emprenye maddesi biyolojik zararlılara karşı zehirli olmalıdır. Zehirlilik derecesi en önemli faktörlerden biridir. Çünkü ahşap malzemenin kullanım alanındaki risk derecesine göre uygun emprenye maddesinin seçilmesi sırasında değerlendirilmesi gereken belirleyici özelliktir. Malzemenin kullanım alanındaki risk derecesi arttıkça, kullanılacak maddenin de zehirlilik ve devamlılık özelliği artmalıdır. Bu nedenle kullanılacak maddenin hangi konsantrasyonda zehirli olduğu bilinmelidir.

4.3.2. Devamlılık

Emprenye maddesinin koruyucu etkisi uzun yıllar sürmelidir. Devamlılığı düşük olan kimyasal maddelerle işlem gören malzemenin uzun süre dayanıklılığını koruyabilmesi için, belli aralıklarla emprenye edilmesi gerekecektir. Bu nedenle, emprenye maddesi olarak kullanılan maddeler, yıkanmaya karşı dirençli, uçuculuğu düşük ve kimyasal bakımdan stabil olmalıdır.

4.3.3. Nüfuz yeteneği

Emprenye maddeleri, etkilerinin kalıcı olabilmesi için sadece yüzeyde tutunmamalı, ahşabın derinliklerine kolay ve homojen bir şekilde nüfuz etmelidir. Malzemeye yeterince nüfuz edemeyen bir madde ne kadar etkili olursa olsun yeterli koruma sağlamayacaktır. Nüfuz yeteneği, maddenin tipine, içeriğine ve viskozitesine bağlı olarak değişmektedir.

4.3.4. Diğer maddelere etkisi

Bazı kimyasal maddelerin yapıda kullanılan plastik, metal gibi diğer yapı elemanları üzerinde tahrip edici özellikleri vardır. Bunlardan en önemlisi metaller üzerindeki korozyon yapıcı etkileridir. Korozyon etkisi bulunan maddeler, ahşapla birlikte kullanılan çeşitli metal bağlayıcıları etkileyerek, aşındıracak ve malzemenin dayanıklılığını düşürecektir. Bu nedenle iyi bir emprenye maddesinin diğer malzemeler üzerinde olumsuz etkisi olmamalıdır.

4.3.5. İnsan sağlığı ve çevreye duyarlılık

Emprenye maddelerinin uygulama sonrası, yıkanma ile toprağa sızma, buharlaşma ya da doğrudan temas gibi çeşitli yollarla insan ve çevre sağlığını tehdit edebileceği düşünülerek, insan sağlığına zarar vermeyen maddelerin kullanılması gereklidir. Ayrıca kullanım yerindeki ortaya çıkabilecek olumsuz etkiler kadar, uygulama sırasında oluşacak riskler de göz önüne alınmalıdır.

4.3.6. Ekonomiklik

Malzemenin kullanım ömrünü artırma isteği çoğunlukla ekonomik bir hedeftir. Bu nedenle, koruyucu emprenye maddelerinin çok pahalı olmaması ve kullanımının büyük harcamaları gerektirmemesi istenmektedir. İyi bir emprenye maddesi yeterli miktarda ve ekonomik bir şekilde temin edilebilmelidir. Tarihi değeri ya da sanat değeri yüksek olan ahşap elemanlarda ise bu faktör göz ardı edilebilmektedir. Buna rağmen kültürel mirasın yaygın şekilde korunabilmesi açısından da ekonomiklik önemli bir faktördür.

4.3.7. Taşıma şekli

Emprenye maddesi olarak kullanılan kimyasalların nakliyesi ve depolanması bilinçsizce yapıldığında gerek çevre ve insan sağlığı açısından gerekse ekonomik açıdan çeşitli riskler yaratmaktadır. Bu nedenle emprenye maddeleri sızıntı yapmayacak, darbelere dayanıklı, güvenli ambalajlar içinde depolanmalı; fazla yer kaplamadan ve çevreye zarar vermeden taşınabilir özellikte olmalıdır.

4.3.8. Yanmaya Dayanıklılık

Geçmişte kullanılan bazı emprenye maddelerinin, özellikle yağlı emprenye maddelerinin yanıcı özelliği vardır. Bazı kimyasallar ise kullanım yerinde risk yaratmasa da uygulama sırasında yanıcı olabilmektedir. Bu nedenle yanıcılık özelliği emprenye maddesi seçiminde mutlaka göz önüne alınmalıdır. Geçmişte emprenye işlemleri ile ilgili problemlerin başında gelen yanıcılık özelliği, bugün yanmayı geciktirici ya da önleyici kimyasallarla giderilebilmektedir.

4.3.9. İşlenme özelliklerine etki

Emprenye edilen ahşap malzeme genellikle, kullanım yerinin gerektirdiği boyama, vernikleme, yapıştırma gibi çeşitli işlemlerden geçirilmektedir. Bazı emprenye maddelerinin ise, malzemenin boyanabilme özelliğini olumsuz etkilediği bilinmektedir (Dawson vd., 2002). Benzer şekilde yapışma yeteneğinin de kullanılan emprenye maddesinin etkisiyle azalması mümkündür (Lee vd., 2006). Bu durumda malzeme kendisinden beklenen performansı gösteremeyeceğinden, iyi bir emprenye maddesinin işlenmeyi güçleştirici etkileri olmamalıdır.

4.4. Ahşabın Emprenye Edilebilirliğini Etkileyen Faktörler

Ahşabın etkin bir şekilde emprenye edilebilmesi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bu faktörler ağacın yapısal özellikleri, kullanılan kimyasal maddenin özellikleri ve seçilen uygulama yöntemi olarak sınıflandırılabilir.

4.4.1. Ahşabın yapısal özelliklerinin etkisi

Ahşabın türü, hücre yapısı, bünyesel kusurları ya da doğal dayanımı, yapısındaki ekstraktif maddeler, geçit şekli gibi birçok yapısal özellik emprenye edilebilirliği etkilemektedir (Berry ve Orsler, 1985).

Doğal koşullar altında çok çeşitli yapısal özellikler kazanan ahşap malzeme heterojen bir yapıya sahiptir. Bu yapıyı oluşturan çeşitli hücrelerin meydana getirdiği dokularda da farklı emprenye olma özellikleri vardır. Odunun temel taşları hücrelerdir. Hücreler yardımıyla oluşan odun elemanları; trahe, traheid, libriform lifleri, öz ışınları ve çeşitli elemanları ile emprenye maddelerinin ağaç malzeme içerisine nüfuzu gerçekleşmektedir. Bir ağacın yapısı 0.5-1.5 mm uzunluğundaki iletim borularının ve çeşitli elemanların boyuna ve enine yönde birbirleri ile birleşmelerinden meydana gelmiştir. İşte bu yapı emprenye işlemlerini etkilemekte, emprenye maddesinin değişik türlerdeki ağaç malzeme içerisine farklı miktarlarda alınmasına neden olmaktadır (İlhan, 1988). Sözü edilen yapısal özelliklerin her birine ve emprenye edilebilirlik üzerindeki etkilerine aşağıda kısaca değinilecektir.

4.4.1.1. Permeabilite

Permeabilite, sıvıların poröz bir yüzeyden belli bir basınç altındaki geçiş hızı ile ölçülmektedir. Belli bir sıvının, bir atmosferik basınç altındaki belli bir hacim içerisinden geçişinin cm^3/sn olarak ifadesidir (İlhan, 1988). Ahşap malzemenin emprenye özelliği permeabilitesi ile ölçülmektedir.

4.4.1.2. Ahşabın genel anatomik yapısının emprenyeye etkisi

Ahşabın yapısını oluşturan traheidler, traheler ve liflerin ince, uzun ve lümenli borular şeklinde olması emprenyenin boyuna yönde kolayca gerçekleşmesini sağlamaktadır. Enine yönde emprenye ise, genellikle öz ışınları sayesinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle boyuna yönde emprenye edilebilirlik, enine yöndekinden çok daha fazladır (İlhan, 1988).

4.4.1.3. Geçit zarlarının yapısı ve kimyasal bileşimi

Emprenye sırasında, maddeler malzemenin içerisine büyük bir oranda geçit zarlarından nüfuz ederek yayılmaktadır. Bu nedenle geçit zarlarının yapısının emprenye edilebilirlik üzerinde önemli bir etkisi vardır.

Genel olarak selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşan geçit zarları mikrofibril ağlardan meydana gelmiştir. Bu ağlar arasında herhangi bir delik yoktur ancak akış mikrofibriller arasından gerçekleşmektedir (Nicholas ve Siau, 1973). Geçit zarları üzerinde yabancı madde olması ya da sertleşme, kabuk bağlama gibi olaylar emprenye maddesinin iletimini engellemektedir.

Aspirasyon da kimyasal maddenin ahşap malzemeye nüfuzunu etkileyen önemli bir faktördür. Aspirasyon kısaca, ahşabın kurutulması sırasında hücre çeperindeki suyun buharlaşması sonucu oluşan basınç nedeniyle torusun geçit ağzını tıkaması olarak açıklanabilir. Normal bir kenarlı geçit ile aspirasyona uğramış bir kenarlı geçit karşılaştırıldığında normal geçitlerde emprenye edilebilirliğin daha yüksek olduğu görülmektedir. Örneğin diri odunda aspirasyon olayı yoktur, bu nedenle emprenye maddelerinin akışı kolay ve nüfuz derinliği fazladır. Öz odununda ise genellikle aspirasyon oluşumu ve ekstraktif maddelerin geçit zarı yüzeylerinde birikmiş olması sıvıların geçişini engellemektedir (Arsenault, 1973).

Geçit zarlarındaki porların büyüklüğü de emprenye edilebilirlik özelliğini etkileyen önemli bir faktördür. Emprenye işlemi sırasında, kılcal iletim boruları içerisinde oluşan kapiler basıncı yenmek gerekmektedir. Ahşap malzemede sıvıların

akış hızı, geçit açıklığının yarıçapının 4. kuvveti ile doğru orantılıdır (İlhan, 1980). Bu nedenle açıklık çapında meydana gelen küçük bir değişiklik bile akış hızı üzerinde büyük bir etki yapabilmektedir.

4.4.1.4. Ahşabın rutubet miktarı

Ahşap malzemedeki boşluk hacmine alınabilen sıvı miktarı değişik türlerde değişim göstermektedir. Rutubet oranının artması emprenye edilebilirliği güçleştirmektedir. Ancak difüzyon yoluyla emprenye edilen malzemelerde bu durumun tersi söz konusudur.

4.4.2. Kimyasal maddenin özelliklerinin etkisi

4.4.2.1. Viskozite

Viskozite emprenye maddesinin yoğunluğunu ya da akışkanlığını ifade eden bir terimdir. Emprenye maddelerinin akış hızı viskozite ile ters orantılıdır. Viskozitenin azalması ile emprenye maddesinin akış hızı ve nüfuz derinliği artmaktadır (İlhan, 1980).

4.4.2.2. Süspansiyon halindeki maddeler

Ahşabın geçit zarlarındaki porlardan nüfuz etmede, emprenye çözeltileri içerisindeki molekül büyüklüklerinin önemli bir etkisi vardır. Ahşapta geçiş yolları çok dar olduğundan, emprenye maddeleri içerisindeki süspanse halindeki maddeler bu delikleri tıkamakta ve emprenyeyi güçleştirmektedir. Yapılan denemelerde, tekrar kullanılan emprenye maddesi çözeltilerinin, odun maddeleriyle birtakım kimyasal

reaksiyonlara girerek, süspanse ve koloidal maddeler oluşturduğu görülmüştür. Bu durum absorpsiyonu oldukça düşürmektedir (Nicholas, 1973; İlhan, 1980).

4.4.2.3. Kimyasalın tipi

Emprenye maddeleri genel olarak su ya da yağlı maddeler içerisinde hazırlanmaktadır. Suda çözünen emprenye maddeleri polar bir özellik gösterirken, yağlı çözeltilerde polar olmayan bir özellik vardır. Polar olmayan emprenye maddelerinin akış hızı ise polar olanlara göre daha yüksektir. Bu nedenle yağ ve yağlı karakterdeki emprenye maddelerinin akış hızı ve dolayısıyla nüfuz derinliği daha yüksektir (İlhan, 1988).

4.4.3. Uygulama Yönteminin Etkisi

4.4.3.1. Basınç uygulayan emprenye yöntemlerinin malzemeye etkisi

Basınç uygulayan emprenye yöntemlerinde, dış yüzeydeki hücreler doygun hale gelinceye kadar, sıvı alımı çok yüksektir. Yüzeydeki hücreler doygun hale geldikten sonra ise sıvıların emilim hızı yavaşlamaktadır. Bir başka deyişle, nüfuz derinliğinin artması, akış hızının azalmasına neden olmaktadır. Bu azalmanın nedeni, derinlere gittikçe sıvı iletimini gerçekleştiren iletim borularının (traheid) sayısının ve geçit açıklıklarına dik yöndeki basıncın azalmasıdır. Hücre içi boşluklarda, boyuna yönde basınçlı sıvı mevcuttur ve hücrelerin dış yüzeylerine, geçit açıklıklarına dik gelen basıncı düşürmektedir (İlhan, 1988).

4.4.3.2. Basınç uygulamayan emprenye tekniklerinin malzemeye etkisi

Daldırma, püskürtme, fırça ile sürme gibi basınç uygulamayan emprenye yöntemlerinde, sıvının malzemeye nüfuz ettirilmesi, uygulama sırasında oluşan hidrostatik basınç yardımıyla gerçekleşmektedir.

Sıvıların ahşap malzeme içindeki hareketi, difüzyon yolu ile meydana gelmektedir. Bir başka deyişle emprenye maddelerinin nüfuzu, kimyasal maddelerin su ya da yağdaki çözeltilerinin hücre zarlarından difüze etmesiyle oluşmaktadır. Bu geçiş sırasında osmotik bir basınç oluşmaktadır. Bu yöntemlerde sıcaklık ve yoğunluk artışı emilimi artırıcı etki yapmaktadır. Aynı zamanda, yüzeyi ıslatıcı etki yapan çözeltide kapilar gerilim oluşturarak sıvının ahşap içerisine girmesini sağlamaktadır. Kapilar gerilimden doğan kuvvet ve iletim boruları içinden geçmekte olan sıvının ağırlığı ile, kimyasal maddenin akışı denge değerine ulaşıncaya kadar, dikine yönde devam etmektedir (İlhan, 1988).

4.5. Ahşap Malzemenin Emprenye İşlemlerine Hazırlanması

Loferski'ye göre (1999), tarihi ahşap malzemeyi korumanın ilk adımı, söz konusu ahşabın neden bozulduğunun iyi anlaşılmasıdır. Ardından, genellikle dış çevre şartlarından kaynaklanan bu nedenlerin ortadan kaldırılması gereklidir. Son olarak malzeme doğal yöntemlerle ya da modern ahşap koruyucularla desteklenmelidir.

Emprenye işleminin etkinliğini artırabilmek için, seçilen yöntem ve kimyasal ne olursa olsun, bazı ön hazırlık işlemlerinin doğru yapılması gereklidir. Korumanın kalıcı olabilmesi için, öncelikle tahrip edici organizmaların yaşamlarını sürdürebilecekleri uygun ortam ortadan kaldırılmalıdır. Bunun için yapılması gereken hazırlık işlemleri; malzeme yüzeyinin temizlenmesi, kurutulması ve gerekli mimari detayların şekillendirilmesi olarak açıklanabilir.

4.5.1. Yüzeyin temizlenmesi

Emprenye işleminden önce, kimyasalın nüfuz etmesini önleyecek kabuk, boya katmanı ya da kir gibi tabakaların temizlenmesi gereklidir. Tarihi ahşabın emprenyesinde, malzeme önceden işlenmiş olduğundan, işleme hatalarından kaynaklanabilecek kusurlar dışında, yüzeyde kabuk katmanı yoktur. Ancak eskimiş boya, vernik gibi koruyucu katmanların ya da eskiyerek odun dokusu tahrip olmuş yüzeylerin temizlenmesi gereklidir.

Boya ve vernik gibi yüzeyde katman yapıcı özelliğe sahip maddeler, ahşap malzemeyi fiziksel olarak koruduğundan, malzeme içine sıvı girişini engellemektedir. Bu nedenle emprenye maddesinin de malzeme içine nüfuz etmesini önlemektedir. Benzer şekilde tarihi elemanların yüzeyinde birikmiş kir de yüzeyde katman yaparak ya da gözenekleri tıkayarak sıvı emilimini güçleştirmektedir (Fawcett, 1998).

Eskime sonucu, odun dokusu özelliğini kaybetmiş olan ahşap malzemede, sıvı iletimini dolayısıyla emprenyeyi kolaylaştıran iletim boruları ve geçitler tahrip olduğundan nüfuz derinliği düşük olacaktır. Eskimiş yüzeyler de boya ve vernik katmanları ile birlikte zımpara gibi mekanik yöntemlerle temizlenmelidir. Yüzey temizliğinde mekanik yöntemlerin uygulanamayacağı durumlarda ise boya ve vernik atıklarını ya da kir tabakasını temizlemek için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Suyla yıkama, buharla soyma, kimyasal çözücülerle temizleme, sıcak hava uygulama ve yakma yöntemleri aşındırıcı temizleme yöntemlerinin uygulanamadığı durumlarda kullanılan yöntemlerdir (Wright, 1994).

Malzemenin yüzey temizliğine ek olarak, ortamın da temizlenmesi ve havalandırılması, ortamda bulunması muhtemel olan mikroorganizmaların uzaklaştırılması ve yeniden çoğalmalarının önlenmesi açısından çok önemlidir.

4.5.2. Şekillendirme

Ahşap elemanların böcekler ve mantarlar tarafından ileri derecede tahrip edildiği durumlarda, malzemenin strüktürel özellikleri de zayıflamaktadır. Bu durumda

onarılması mümkün olmayan parçaların kesilerek yerine yenilerinin takılması ya da zayıflayan kısımların metal levhalarla desteklenmesi gibi çözümler uygulanmaktadır (Macgregor, 1997). Yapıya; ısıtma, havalandırma, aydınlatma sistemleri gibi çağdaş donanımlar eklenmesi gerektiğinde de ahşap elemanların delinmesi, şekillendirilmesi gerekmektedir. Eklenecek metal destekler ya da modern donanım için gereken bağlantı deliklerinin açılması, onarım imkânı olmayan tamamen çürümüş kısımların kesilmesi gibi her türlü onarım çalışması emprenye öncesi tamamlanmalıdır.

Malzemeye uygulanması gereken ebatlama, kesme, delme, rendeleme, zımparalama gibi işlemlerin emprenyeden sonra yapılması, emprenye maddesinin malzemeye nüfuz etmemiş ya da nispeten daha az nüfuz etmiş olduğu kısımları ortaya çıkararak, böcek ve mantarların arız olmasını kolaylaştırmaktır. Ayrıca, bağlantı deliklerinin önceden açılması, emprenye işlemleri sırasında kimyasalın delik içlerine daha iyi nüfuz etmesini sağlayacağından, uygulamanın başarısını artıracaktır. Emprenye edilmiş ahşap malzemenin sonradan şekillendirilmesinin bir başka sakıncası ise, ortaya çıkan talaş, yonga ya da atık parçaların yaratacağı çevre kirliliğidir.

4.5.3. Kurutma

Rutubetli malzemenin emprenye edilmesi durumunda, emprenye işlemin etkinliği düşük olmaktadır. Bu nedenle ahşabın rutubetini koruması istenen özel durumlar dışında, malzemenin emprenye öncesi doğal veya yapay herhangi bir yöntemle kurutulması gereklidir. Kurutmada seçilen yöntem ile emprenye edilebilirlik arasında ise önemli bir ilişki bulunmamaktadır (Smith ve Taylor, 2001). Kurutma sırasında hücre çeperleri ve hücre içi boşluklarda bulunan fazla su atılarak, emprenye sıvısının emilimi için uygun bir ortam sağlanmaktadır.

Higroskobik bir madde olan ahşap malzeme rutubetli bir ortama getirildiğinde bünyesine su alarak rutubet kazanmakta ve bir denge rutubeti oluşturulmaktadır. Bir ahşap malzeme daha önce ne kadar iyi kurutulmuş olursa olsun, bünyesine yeniden su aldığında, organizmalar tarafından kolayca tahrip edilebilmektedir. Bu nedenle kurutma,

emprenye sıvısının emilimini kolaylaştırmak kadar, mikroorganizmaların yaşaması için elverişli ortamın yok edilmesi bakımından da çok önemlidir.

Ayrıca yapılarda rutubet yoğunlaşması ve yağmur sularının herhangi bir şekilde çatılardan sızarak ahşap malzemeye ulaşması gibi nedenlerle de kullanılan malzemenin rutubetlenmesi mümkün olabilmektedir. Bu şekilde rutubet oranı çok yükselmiş olan ahşap malzeme yüzeyinde, kurutma sırasında çatlaklar oluşması muhtemeldir. Emprenye işlemi kurutmadan önce yapıldığı takdirde, sonradan oluşan çatlamalar sonucu emprenye maddesinin iyi nüfuz etmemiş olduğu kısımlar açığa çıkacaktır.

Difüzyon yoluyla yapılan emprenye işlemlerinde malzemenin rutubetli olması, kimyasalların nüfuz etmesini kolaylaştırdığından, malzeme kurutulmadan emprenye edilebilmektedir. Bazı ağaçların diri odunları da, yüksek sıcaklıkta yapılan kurutma işleminden sonra, hücre çeperleri tahrip olduğundan iyi emprenye edilememektedir (Keey, 2005).

Genel olarak, yapı içinde kullanılan ahşap malzeme ve mobilyalar, toprakla temas etmediği ve açık hava etkileri altında bulunmadığı için doğal kurutma önlemleri yeterli olmaktadır. Büyük ölçülerdeki kirişlerde ise, iç kısımlarda rutubet çok yavaş azalmakta ve daha önce bir başlangıç çürüklüğü varsa bunun ilerlemesi mümkün olabilmektedir. Bu nedenle havalandırma gibi doğal kurutma yöntemlerinin yanı sıra yapı içine yerleştirilecek kurutma ve havalandırma fanlarından yararlanılmalıdır.

4.6. Emprenye Teknikleri

Emprenye, uygulama yerinin risk grubuna ve malzemenin cinsine göre farklı tekniklerle uygulanabilmektedir. Çalışmada, emprenye teknikleri, uygulanış şekline göre; eski malzemeye uygulanabilecek yöntemler ve eski malzemeye uygulanamayacak yöntemler olarak sınıflandırılarak ele alınacaktır.

4.6.1. Eski malzemeye uygulanamayacak emprenye teknikleri

4.6.1.1. Basınç uygulayan yöntemler

Basınç uygulayan yöntemler, ahşap malzemenin emprenyesinde en etkili olan yöntemlerdir. Bu yöntemleri uygulayan tesislerde, ahşap malzeme çelik bir kazan içerisine yerleştirilmekte ve belli bir basınç ya da vakum altında emprenye maddesi, hücrelerin içine sevkedilmektedir. Bu uygulama şekli ile emprenye maddesinin malzemede daha fazla absorbe edilmesi, daha homojen dağılması ve daha derinlere nüfuz etmesi sağlanmaktadır. İşlemin tamamen kapalı kazanlarda gerçekleştirilmesi de, ortam şartlarının sağlıklı bir şekilde kontrol edilebilmesini sağlamaktadır (Resim 4.1.).

Basınç uygulayan yöntemlerin eski malzemede kullanılması mümkün değildir. Ancak kalıcılığı göz önüne alınırsa, restorasyon sırasında eski malzemeyle birlikte kullanılacak olan yeni malzemeler için en uygun yöntem olduğu söylenebilir.

Basınç uygulayan yöntemler genel olarak, “dolu hücre” ve “boş hücre” olmak üzere iki temel prensiple uygulanmaktadır. Dolu hücre metodlarında, malzemenin hücre çeperi ve hücre içi boşluklarının tamamen emprenye maddesi ile dolması sağlanmaktadır. Bu şekilde çok yüksek koruma sağlanabildiğinden, genellikle yüksek risk grubuna giren malzemeler için tercih edilmektedir. Ancak sağladığı yüksek korumanın yanında çok fazla emprenye maddesi sarfiyatına neden olması ya da işlem gören malzemenin rutubetini fazla artırması gibi olumsuz etkileri de vardır. Bu nedenle basınç uygulayan yöntemlerin zamanla geliştirilmesi ile boş hücre metodları daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır. Boş hücre metodlarında hücre içi boşlukların tamamı değil, sadece hücre çeperleri emprenye maddesi ile doyurulmaktadır.



Resim 4.1. Vakum-basınç yöntemiyle çalışan bir basınçlı emprenye tesisi, Çetinbay Emprenye Tesisi – Denizli (Ö. Bozkurt, 2007)

Basınç uygulayan yöntemler çeşitli şekillerde uygulanabilmektedir. Alçak basınç yöntemleri, osilasyon ve değişken basınç yöntemleri, çok yüksek basınç uygulayan yöntemler gibi çeşitli uygulamalar vardır (Aslan, 1998). Bunların her birinde temel prensip, alçak ya da yüksek basınç etkisiyle malzemeye emprenye maddesinin nüfuz ettirilmesidir. Ancak seçilen basıncın cinsi, gücü, uygulama şekli gibi detaylarda birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Burada, basınç uygulayan yöntemler arasında en önemli ve günümüzde en yaygın kullanılan yöntemler olarak vakum-basınç yöntemi ve çift vakum yöntemine kısaca değinilecektir.

Vakum-basınç yöntemi

Vakum-basınç yöntemi ahşap korumada kullanılan en etkili yöntemlerden biridir. Emprenye maddesinin ahşap malzemenin derinliklerine nüfuz etmesi, çok iyi dağılması mümkündür. Bu nedenle sağladığı koruma çok yüksektir (Wolman, 2003).

Vakum basınç yönteminde, hücre içi boşluklarda bulunan hava ve rutubetin alınabilmesi için sisteme ilk olarak, alçak basınç uygulanmaktadır. Daha sonra işlem tankına kimyasal madde transfer edilmektedir. Bu transferin ardından sisteme yaklaşık

13 atmosferlik basınç uygulanmaktadır. Basınç uygulaması ile birlikte emprenye maddesinin odunun tümüne nüfuz etmesi sağlanmaktadır. Yeterli nüfuz miktarına ulaşıldıktan sonra, emprenye maddesi işlem tankından alınarak ikinci vakum işlemi yapılmaktadır. Sistem kapalı konumda bir süre bekletilerek, malzeme kondisyonlandıktan sonra işlem tankının kapağı açılmakta ve emprenye işlemi tamamlanmaktadır (Wolman, 2003).

Depolama tankları üzerine yerleştirilmiş olan skalalar vasıtasıyla işlem tankına transfer edilen emprenye maddesi miktarı ve her işlem sırasında ahşap malzemeye ne kadar emprenye maddesinin nüfuz ettiği hassas olarak ölçülebilmektedir. Böylece emprenye işleminin kontrollü bir ortamda gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

Çift vakum (alçak basınç) yöntemi

Çift vakum işlem sürecinde, vakum-basınç yönteminde izlenen aynı temel prensipler izlenmektedir. Ancak çift vakum sonrası ahşap malzeme üzerinde kalan emprenye miktarı daha azdır. Geçmişte sadece solvent içerikli emprenye maddeleriyle kullanılabilen yöntem, son yıllarda suda çözünen emprenye maddeleriyle de uygulanabilmektedir (Bozkurt vd., 1993).

Sistemde ilk olarak, yaklaşık 10-15 dakika süren bir ön vakum işlemi yapılmaktadır. Vakum işlemiyle ahşap malzemenin hücre boşluklarındaki hava ve rutubetin alınması sağlanmaktadır. Fakat burada uygulanan alçak basıncın şiddeti vakum-basınç sürecinde olduğu gibi yüksek değildir. Vakumlama işlemi devam ederken, işlem tankına emprenye maddesi verilerek, başlangıç vakumu ve atmosferik basınç arasındaki basınç farkının yardımıyla ahşap emprenye edilmektedir. Ardından, emprenye maddesi geri kazanım deposuna alınarak, emprenye tankı boşaltılmaktadır. Çift vakum süreci, uygulanan son vakum ile tamamlanmaktadır. Son vakumda malzemeye 20-45 dakika süreyle alçak basınç uygulanarak, fazla emprenye maddesinin alınması amaçlanmaktadır. Belirli süreyle uygulanan alçak basıncın ardından atmosfer basıncına dönüldüğünde, yüzeyde kalan emprenye maddesi de ahşabın içine çekilerek, yüzeyin tamamen kuruması sağlanmaktadır. Çift vakum yöntemi dolu hücre prensibiyle

uygulanıyor olsa da, verilen basıncın düşük olması ahşap malzeme üzerinde kalan emprenye maddesinin daha az olmasını sağlamaktadır. Uygulanan basınç en zor emprenye edilen ahşap türlerinde bile 2 bar kadardır (Wolman, 2003).

Çift vakum uygulanan ahşap malzemeler, işlem öncesi boyutlarını kaybetmezler. Uygun kimyasallar seçildiğinde, emprenyeden sonra malzemenin rengi değişmez. Biyolojik sorunlar ortadan kalkar. Süreç kapalı tanklar içinde, kontrollü olarak yapıldığı için emdirilecek kimyasal madde miktarının ve işlem sürecinin kontrolü kolaydır (Wolman, 2003).

4.6.1.2. Basınç uygulamayan emprenye yöntemleri

Emprenye maddesi ahşap malzemeye emdirilirken basınç uygulanmayan, basınç ya da vakum pompası, kapalı tank gibi teknik donanım gerektirmeyen yöntemlerdir. Basınç uygulamayan yöntemlerde emprenye maddesi; hücre dokusunun iletim yeteneği ve difüzyon yoluyla, sıvı emprenye maddesinin hidrostatik basıncı yardımıyla ya da uygulanan emprenye maddesinin sıcaklık farkı etkisiyle malzemeye nüfuz ettirilmektedir (Aslan, 1998).

Basınç uygulamayan yöntemlerin bazılarının eski malzemeye yerinde uygulanması da mümkündür. Fakat bu bölümde basınç uygulamayan emprenye tekniklerinden, eski malzemede kullanılması mümkün olmayan besi suyunu çıkarma yöntemi, batırma yöntemi ve termal emprenye yöntemine değinilecektir.

Besi suyunu çıkarma yöntemleri

Bu yöntemin esası, yeni kesilmiş yani taze haldeki, kabuğu soyulmamış ağaç gövdelerindeki besi suyunun, emprenye maddesi ile yer değiştirmesi prensibine dayanmaktadır. Metodun başarılı olabilmesi için, kesimden sonra en geç iki hafta içinde uygulanmalıdır (Bozkurt vd., 1993). Yöntem uygulama prensibi nedeniyle, sadece tomruklarda uygulanabilmektedir. Ahşap malzemenin işlenebilmesi için öncelikle

kurutulması gerektiğinden, bu yöntem kereste haline getirilmiş malzemelerde bile kullanılamayacaktır. Bu nedenle restorasyon sırasında kullanılması mümkün değildir.

Batırma teknikleri

Batırma metodu, ahşap malzemenin bir tank içerisindeki emprenye maddesine belirli sürelerde batırılması işlemidir. İşlem sırasında, bütün yüzey emprenye maddesi içinde kaldığı için, herhangi bir basınç uygulanmamasına rağmen, emprenye maddesi ahşaba nüfuz edebilmektedir. Batırma süresi, hedeflenen nüfuz derinliğine göre, kısa ve uzun süreli olarak uygulanabilmektedir.

Kısa süreli batırma sürecinde ahşap malzeme paletler üzerine yerleştirilmekte ve daldırma tankları içerisine daldırılmaktadır. Daldırma süresi ağaç türü, emprenye maddesinin ve çözücü maddenin cinsi, ahşap malzemenin geometrik şekli ve kullanış yerine göre ayarlanmaktadır. Kısa süreli batırma yönteminde, emprenye maddesinin emilimi ve nüfuz derinliği, basınç uygulayan yöntemlere göre daha düşüktür (Yalınkılıç, 1992). Bu nedenle risk sınıfı daha düşük olan kullanım alanlarında uygulanmalıdır. Yöntem, ahşap konstrüksiyonlu yapılarda kullanılan ahşap elemanlar, dış cephe kaplamaları gibi toprakla doğrudan teması olmayan yerlerde kullanılmaktadır.

Uzun süreli batırma yöntemi, uygulanış şekli bakımından kısa süreli batırma ile benzer olmakla birlikte batırma süresi bir gün ile iki hafta arasında değişmektedir (Wolman, 2003). Batırma süresinin uzun olması emprenye maddesinin nüfuz derinliğinin artmasını sağlamaktadır. Uzun süreli batırma ile emprenye edilen ahşap malzemenin, kısa süreli batırma ile kıyaslandığında risk sınıfı yüksek olan yerlerde kullanılması mümkündür. Fakat uygulama süresinin çok uzun olması, yöntemin yaygın olarak kullanılmamasına neden olmaktadır.

Genel olarak batırma yöntemlerinde, malzemeye hiçbir şekilde basınç ya da sıcaklık uygulanmadığından eski malzemede kullanılması mümkündür. Yöntemin eski malzemede kullanımını sınırlayan faktör yerinde uygulanamamasıdır. Fakat eski yapılarda, çıkarılması kolay olan ahşap elemanların emprenyesinde ya da onarım için yüzeyden kaldırılan elemanların emprenyesinde yüzeysel yöntemlerden daha etkili bir yol olarak kullanılması mümkündür.

Termal emprenye yöntemleri

Zor emprenye edilen ağaç türlerinde kullanılan yöntem, ahşabın yüksek sıcaklık altında belirli süre emprenye edilmesi şeklinde tanımlanabilir. Bu sıcaklık, istenen koruma miktarına ve ahşabın emprenye edilebilirlik özelliğine göre 150-320 dereceler arasında değişebilmektedir. Yüksek sıcaklığın etkisiyle emprenye maddesinin malzemeye transferi etkili bir şekilde sağlanabilmektedir (Wang ve Cooper, 2005).

Termal emprenye yöntemleri basınç uygulamayan yöntemler olmasına rağmen, prensip olarak vakum-basınç metoduna benzeyen bir uygulama şekli vardır. Hava kurusu haldeki ahşap malzeme önce sıcak emprenye maddesi içersine batırılmaktadır. Hava kurusu ahşap malzemenin hacminin, yaklaşık yarısı hava ile dolu olduğundan, hücreler içindeki hava, sıcak emprenye maddesi ile ısınarak genişlemekte ve dışarı atılmaktadır. Daha sonra sıcak emprenye maddesi, soğuk emprenye maddesi ile yer değiştirildiğinde, soğuma nedeniyle hücrelerde küçülen hava, vakum etkisi yaparak koruma maddesinin hücreler içersine girmesini sağlamaktadır (Bozkurt vd., 1993).

Son yıllarda çevresel baskının artmasıyla, ahşap korumada alternatif malzeme ve yöntem arayışlarına gidilmektedir. Bu alternatiflerden biri olarak termal emprenye yöntemlerinin geliştirilmesi ve toksik olmayan emprenye maddelerinin bu yöntemle malzemeye uygulanması için Avrupa'da çalışmalar yapılmaktadır (Inari vd., 2005). Ancak, termal emprenye yöntemiyle emprenye edilen ve Termo-wood adıyla da bilinen malzemenin bazı teknik özelliklerinde yüksek sıcaklık etkisiyle değişiklikler olabilmektedir.

4.6.2. Eski malzemeye yerinde uygulanabilecek emprenye teknikleri

Ahşap malzemenin devamlı ya da bir süre rutubetle karşı karşıya kalan kısımları ile toprakla temas halinde olan kısımları çürüme riski en yüksek ve biyolojik aktiviteye karşı en zayıf olan kısımlar olarak kabul edilmektedir. Örneğin ahşap köprü ayakları, yapılarda kullanılan kiriş başları özellikle risk altında olan kısımlardır. Ancak risk

altında olan bu tip malzemelerin yerinden sökülmesi ve bir önceki başlıkta sözü edilen yöntemlerle emprenye edilmesi mümkün değildir. Bu kısımların korunmasında, malzemenin içine konsantre halde emprenye tuzları vererek veya etrafına sarılarak zaman içinde tuzların difüzyon yoluyla malzemeye nüfuz etmesi sağlanabilmektedir. Ya da daha yüzeysel yöntemlerle emprenye maddelerinin malzemeye sürülmesi, enjekte edilmesi mümkündür.

Tarihi ahşabın yerinde emprenyesinde kullanılacak kimyasal ve yöntemlerin seçilmesi genellikle en önemli adımdır. Ahşabın cinsi, bozulma durumu ve ortamın riskleri seçilecek yöntemi etkileyen özelliklerden en önemlileridir.

Berry ve Orsler'e göre (1985), tarihi ahşabın türü ve yapısal özellikleri emprenye edilip edilmeyeceğine ya da hangi yöntemle karar verirken göz önüne alınması gereken bir unsurdur. Berry ve Orsler ahşap türü ile emprenye arasındaki ilişkiyi ortaya koyarken, emprenyenin malzemenin mekanik özellikleri üzerindeki etkisini göz önüne almamışlar, sadece biyolojik bozunma riskleri açısından ele almışlardır. Buna göre, doğal dayanıklılığı yüksek olan malzemelerin emprenye edilmesine gerek olmadığını savunmaktadırlar.

Oxley'e (1999) göre ise yapıda saptanan biyolojik bozulma şekli de malzemenin koruma yöntemini etkilemektedir. Biyolojik bozunmaya neden olan organizmanın türü, yaşam koşulları ve malzeme üzerindeki etkisi çok önemlidir. Örneğin bazı böcek türleri sadece açık tohumlularda, bazıları ise sadece kapalı tohumlularda tahribat yapabilmektedir. Bazı böcek ya da mantar türleri sadece diri oduna arız olabilmektedir. Bazı böcek türleri ise malzeme ancak çok eski ve kuru hale geldikten sonra etkili olabilmektedir. Bu durumda yapıda bulunan organizmaların, kullanılmış olan farklı ahşap malzeme üzerinde meydana getireceği etki de farklı olmaktadır.

Eski malzemeye yerinde uygulanabilecek emprenye yöntemlerinin başarısı genellikle, yapıda kullanılan ahşabın yapısal özellikleri, bozulma durumu ve ortam risklerine uygun yöntemin seçilmesine bağlıdır. Çünkü yerinde emprenye yöntemlerinde kimyasalların malzemeye nüfuz etmesini sağlamak, basınç uygulayan yöntemlere göre çok daha zordur. Aşağıda, tarihi ahşaba yerinde uygulanabileceği düşünülen yöntemler açıklanmıştır.

4.6.2.1. Difüzyon teknikleri

Difüzyon, aralarında yoğunluk farkı olan maddelerin, ortalama bir denge değerine ulaşıncaya kadar, çok yoğun ortamdan az yoğun ortama doğru hareket etmesidir. Ahşap malzeme yüzeyine, konsantre emprenye tuzları içeren kimyasal maddeler uygulandığında, hücre içerisinde serbest halde bulunan suyun etkisiyle bir konsantrasyon farkı oluşmakta ve emprenye maddesinden ahşap malzemenin içine doğru bir yayılma gerçekleşmektedir (Ridout, 2004). Bu temel prensip sayesinde emprenye çözeltisinin, malzemenin derinliklerine nüfuz ettirilmesi mümkün olabilmektedir.

Difüzyon süreci iki aşamada gerçekleşmektedir. İlk adımda emprenye maddesi çeşitli yöntemlerle yüzeye uygulanmaktadır. Bu şekilde yüzeyde bulunan hücreler yoğun bir şekilde emprenye maddesine maruz kalmaktadır. İkinci adımda ise kondisyonlama yapılarak, emprenye maddesinin daha derinlere nüfuz etmesi sağlanmaktadır. Böylece, konsantre emprenye maddesiyle temas halinde olan yüzey hücrelerinden başlayarak, derinlerde bulunan hücrelere doğru bir kimyasal akışı başlamaktadır. Malzeme neminin ve ortam sıcaklılğının yüksek olması difüzyon hızını ve başarısını artırmaktadır. Bu nedenle kondisyonlama sürecinde, uygulama ortamını ısıtmak yaygın bir uygulamadır. Yapılan araştırmalar her 20ºC sıcaklık artışında, difüzyon hızının yaklaşık iki katına çıktığını göstermektedir. Uygun kondisyonlama koşulları altında gerçekleştirildiğinde, ortalama dört haftalık difüzyon sürecinde 25 mm nüfuz derinliği sağlanabilmektedir (Ridout, 2004).

Difüzyon yöntemi ile emprenye 1930'lardan beri dünyanın çeşitli yerlerinde uygulanmaktadır. O zamandan günümüze kadar geçen süreçte, aynı temel prensibe dayanarak çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Emprenye tek bir tuzla uygulandığında, basit difüzyon metodu adını almaktadır. Birden fazla tuzla uygulanan çift difüzyon metodu ve osmoz metodları da difüzyon metodlarındandır. Difüzyon tekniklerinin bir çoğunu eski yapılarda başarıyla uygulamak mümkündür. Ancak bandaj yöntemi eski malzeme için özel olarak geliştirilmiş bir difüzyon yöntemidir. Bu nedenle burada daha detaylı değinilecektir.

Difüzyon prensibine dayanan bandaj metodu, ahşap tel direklerinin dikili haldeyken dayanma sürelerinin uzatılabilmesi için kullanılmaktadır. Tel direklerinde

çürüme zonu, toprak-hava hattının 30-40 cm altında ve 20-30 cm üzerindedir. Bu nedenle direklerin etrafında 50-60 cm derinlikte çepeçevre bir çukur açılmakta, direkte bulunan çürükler ve toprak temizlendikten sonra, bulamaç haldeki emprenye maddesi direğe sürülmekte ve su geçirmeyen bir örtü malzemesi ile sarılarak, çukur doldurulmaktadır (Bozkurt vd., 1993). İç yüzeyden ahşap direğin rutubeti ile ıslanan bulamaç halindeki emprenye maddesi, difüzyon yolu ile direğin içine doğru yayılır. Dıştaki örtü tabakası ise yıkanmayı engeller (Resim 4.2.). Bandaj ortalama beş yılda bir yenilendiğinde, tamamen doğa şartlarına açık durumda olan direklerin çok uzun yıllar dayanması mümkün olmaktadır (Wollman, 2003).

Bandaj metodunun yapılarda, görünmeyen döşeme altı kolon ve kirişlerinde de benzer şekilde uygulanması mümkündür. Yapıların özellikle sürekli neme maruz kaldığı çatı altı ve zemin ahşaplarında difüzyon etkisi daha kuvvetli olacağından yöntem daha başarılı bir şekilde uygulanabilecektir.



Resim 4.2. Ahşap direklere bandaj metodunun uygulanması (Wollman, 2003)

4.6.2.2. Basınç uygulamayan sürme/püskürtme yöntemleri

Fırça ile sürme ve püskürtme metotları, emprenye maddelerinin eski ahşap malzemede kullanılmasının en kolay fakat en yüzeysel yoludur. Yüzeylerin tam anlamı ile örtülmemesi, nüfuz derinliği az olduğu için diri odunun tamamen emprenye edilememesi genellikle sorun yaratmaktadır. Bu metotlar kullanıldığında; emprenye maddesi, odunsu hücreler ve yüzeye sürülen sıvı arasındaki kapilar basınç yardımıyla malzemeye nüfuz etmektedir (Aslan, 1998).

Hücrelerin çoğunun boyuna yönde yerleşmiş olması, emprenye maddelerinin boyuna yöndeki nüfuzunun, enine yöndekinden fazla olmasına neden olmaktadır. Bu metotlarla enine yönde nüfuz derinliği; kolay ve orta derecede güç emprenye edilen ağaç türlerinde (sarıçam gibi) 1-5 mm, güç ve çok güç emprenye edilen türlerde ise (ladin gibi) 1 mm den daha azdır (İlhan, 1980). Eğer ahşap malzeme yüzeyi kirli ya da ıslak ise absorpsiyon miktarı daha da az olmaktadır. En iyi sonucu elde edebilmek için emprenve maddesi, temiz ve kuru ağaç malzeme yüzeyine birkaç kat olarak uygulanmalıdır (Bozkurt vd., 1993).

Malzeme tarafından absorbe edilen koruyucu madde miktarı değişik faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bu faktörler; ahşap malzeme yüzeyinin durumu, odunun anatomik yapısı ve içerdiği rutubet miktarı, emprenye maddesinin viskozitesi ile yüzey gerilimleridir. Emprenye tuzları çözeltilerinin püskürtme ve sürme gibi yüzeysel yöntemlerle ahşaba nüfuz etmesi, malzemenin rutubeti ile de yakından ilgilidir. Ahşabın rutubeti % 30 seviyesine kadar arttıkça, nüfuz derinliği de artmaktadır. Çok kuru malzemede ise, konsantrasyonu az olan sulu emprenye maddesi, yüksek konsantrasyonlu emprenye maddesine göre daha derine nüfuz etmektedir. Rutubet miktarının %30'un üzerinde bulunduğu ahşap malzemede ise, yüksek konsantrasyonlu emprenye maddesi daha derine nüfuz edebilmektedir (Bozkurt vd., 1993).

İhtiyaç duyulan ekipmanın basit ve kolay ulaşılır olması, uygulamanın uzmanlık gerektirmemesi, sürme yönteminin yapılarda yaygın olarak kullanılan bir yöntem olmasını sağlamıştır. Piyasada, yerinde bakım amaçlı bulunan kimyasal maddelerin çoğu, sürme yöntemiyle uygulanmak üzere üretilmiştir. Fakat yukarıda belirtildiği gibi sürme yönteminde nüfuz derinliği oldukça düşüktür. Bu nedenle, tek kat sürme

uygulaması yetersiz olmaktadır. Emprenye maddesinin yüzeye, birbirini takip eden en az iki kat halinde uygulanması gerekmektedir.

Yapıların dış cephe kaplamalarında olduğu gibi geniş alanların emprenyesi ve böceklenmiş yüzeylerin emprenyesinde püskürtme metodu, fırça ile sürme metoduna tercih edilmektedir. Bu gibi durumlarda sadece ahşap malzemenin değil, bozulmanın yaşandığı duvarın tümünün püskürtme yöntemiyle emprenye edilmesi başarıyı artırmaktadır. Püskürtme yönteminin etkinliğinin artırılabilmesi için ise, püskürtme basıncının yüksek tutulması gereklidir. Malzeme yüzeyinin pürüzlü ve kaba olması da, birim yüzeyin aldığı emprenye maddesi miktarını artırmaktadır. Püskürtücünün malzemeye uzaklığı ise 30 cm'yi geçmemelidir (Ridout, 2004). Püskürtme yönteminde uygulanan kimyasalın bir bölümü atmosfere karıştığından kontrol edilmesi güçtür. Atmosfere karışan madde miktarının fazla olması, püskürtme yönteminin en olumsuz yanıdır. Bu durum firenin artmasına dolayısıyla insan ve çevre sağlığı açısından risklerin artmasına neden olmaktadır.

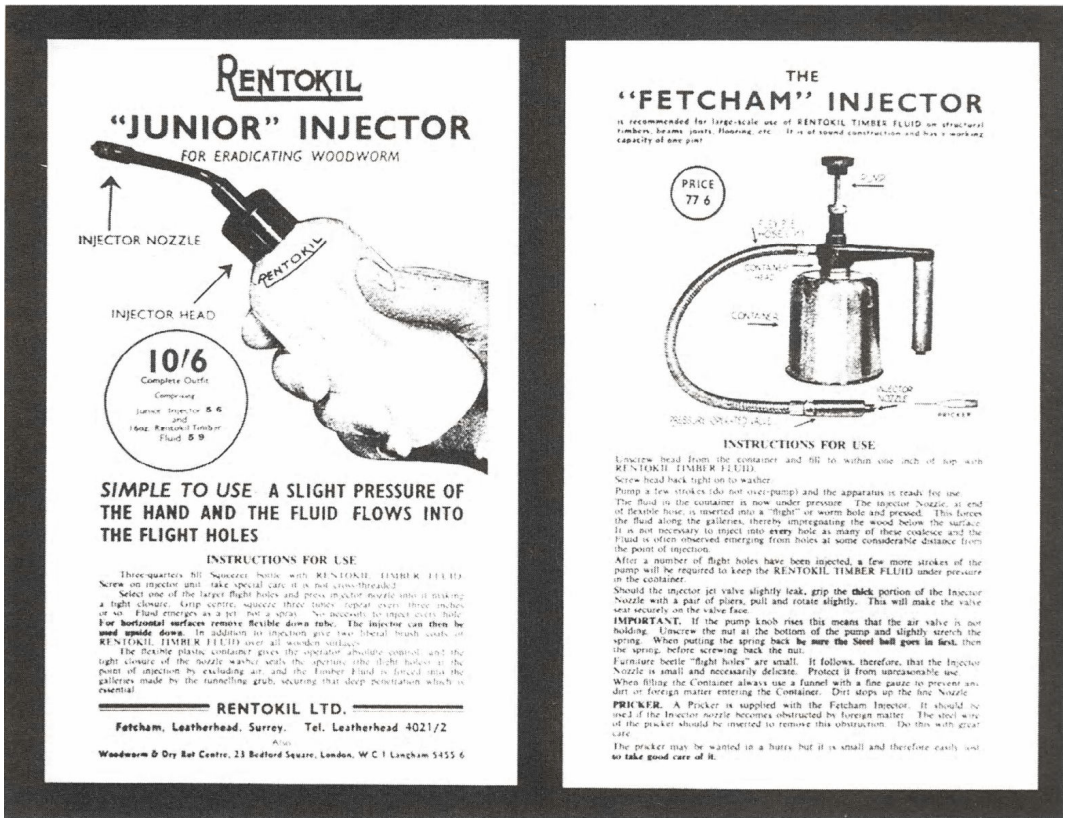
Sürme ve püskürtme yöntemleri başka yöntemlerle korunması mümkün olmayan, zor alanlarda bile rahatlıkla uygulanabilmektedir. Yapıların kimyasallarla korunmasının yaygınlaşmasında da önemli bir yer tutmaktadırlar. Fakat nüfuz derinlikleri az, etkinlik süreleri kısadır. Bu nedenle, sık sık yenilenmeleri gereklidir. Emprenye işleminin tekrar tekrar uygulanması ise, malzeme ve çevre açısından çeşitli sorunlara neden olabilmektedir (Furuno, 2003).

Locke'e göre (1990) de fırçayla sürme, püskürtme ve enjeksiyon yöntemleri eski yapılarda özellikle böcek sorununa karşı pratik yöntemlerdir. Fakat fırçayla sürme ve püskürtme yöntemlerinde sağlanan nüfuz derinliği, çoğu ağaç türünde, çok düşük olduğu için en fazla birkaç yıl koruma sağlayabilmektedir. Ahşabın iç kısımlarında bulunan bozulmalara karşı, koruyucu etki gösterememektedir. Gazlama gibi emprenye teknikleri ise sadece, uygulama yapıldığı sırada aktif durumda olan organizmalar üzerinde etkili olmaktadır. Kalıcı bir koruma için yapının dikkatlice temizlenmesi, havalandırılması ve rutubetli kısımların vantilatörler yardımıyla kurutulması sağlanmalıdır.

4.6.2.3. Enjeksiyon yöntemi

Enjeksiyon yöntemi uzun yıllardan beri bilinen ve özellikle böceklerle mücadelede sıkça uygulanan bir yöntemdir. Hickin 1949'da bu amaçla kullanılmak üzere pratik enjektörler geliştirmiştir. "Rentokil" ve "Fetcham" adlarıyla bilinen bu enjektörlerin kullanımı son derece kolay ve ekonomiktir (Resim 4.3.) (Ridout, 2004). Kullanılan enjektör ne olursa olsun, enjeksiyon yönteminde temel prensip, malzeme içindeki deliklere emprenye maddesinin akıtılarak malzemenin korunmasıdır.

Böcekler, tarafından tahrip edilen ahşap malzeme üzerinde çok sayıda galeri bulunduğundan, emprenye maddesinin enjeksiyonu doğrudan doğruya bu deliklere yapılabilmektedir. Böylece hem emprenye maddesinin larvalara ulaşması sağlanmakta hem de sürme-püskürtme yöntemlerine göre daha fazla nüfuz derinliği sağlanmaktadır (Ridout, 2004).



Resim 4.3. Rentokil ve Fetcham enjektörleri tanıtım broşürleri (Ridout, 2004)

Böcek galerilerinin bulunmadığı ya da yetersiz olduğu durumlarda ise malzemenin boyutları ile orantılı olarak belirli sıklıkta ve büyüklükte delikler açılmaktadır. Emprenye maddesi açılan bu deliklere enjekte edilmektedir. Açılacak deliklerin malzeme mukavemetini etkilememesi için uygulama öncesi delik çapları ve aralıklarının doğru hesaplanması önemlidir. Ayrıca değerli eserlerdeki böceklerle mücadelede enjeksiyon yöntemi için delik açmak mümkün değildir. Bu durumda enjeksiyon sadece var olan deliklere yapılmalıdır.

Enjeksiyon yöntemi, genellikle sürme-püskürtme yöntemleriyle birlikte uygulanmaktadır. Deliklere enjekte edilecek kimyasallar derinlere nüfuzu sağlasa da yüzeyi tamamen örtmediğinden, özel durumlar dışında, tek başına yeterli olmamaktadır. Bu nedenle enjeksiyon sonrası, benzer karakterli bir emprenye maddesi, sürme veya püskürtme yöntemiyle malzemenin tüm yüzeyine uygulanmalıdır.

Daha büyük boyutlu ahşap elemanların emprenyesinde ise emprenye maddesini oyma delik yöntemiyle enjekte etmek mümkündür. Oyma delik yönteminde, malzemedeki bozulma türüne bağlı olarak, liflere dik ya da meyilli yönde burgu ile belirli aralıklarla açılan delikler içerisine toz, sıvı ya da bulamaç halindeki emprenye maddesi doldurulmaktadır. Deliklerin çapı malzemenin kesit kalınlığına göre, 1-25 mm, uzunluğu ise malzeme kalınlığının ¾'ü kadar olmalıdır. Delikler emprenye maddesi ile doldurulduktan sonra, ağızları emprenye edilmiş kavela (silindir şeklinde bir ahşap bağlantı elemanı) ile kapatılmaktadır (Bozkurt vd., 1993). Özellikle enine kesitle son bulan dışarı doğru çıkıntılı kiriş başları ya da yuvarlak ahşap kiriş ve kolonların korunmasında etkili olabilecek bir yöntemdir.

Sürekli dış ortam şartlarına maruz kalan ahşap malzemelerde, özellikle çürüme riskinin yüksek olduğu kısımlarda, diğer bir yöntem olarak kobra metodu uygulanmaktadır. Kobra metodunda, emprenye maddesi bulamaç halinde uygulanmaktadır. Bulamaç halindeki emprenye maddesi, özel bir alet yardımıyla malzemeye enjekte edilmektedir. Bu alet yardımıyla, toprak hattı üzerinde 20 cm, toprak hattı altında 40 cm'lik kısımlara, boyuna yönde 10 cm, enine yönde 5 cm aralıklarla 50 mm derinlikte yarıklar açılarak emprenye maddesi enjekte edilmektedir. Kobra metodu malzemenin ömrünü 15-20 yıl uzatabilmektedir (Bozkurt vd., 1993). Beş yılda bir uygulandığında bu süre daha da uzatılabilmektedir. Yapılarda da benzer şekilde, zemin döşemesi kaldırılarak, toprak hattı altı ve toprak hattı üzerinde kalan

bölgelerde bulunan büyük kesitli ahşap elemanlara uygulanabilecek bir yöntemdir. Onarım sonrası zemin döşemesi yeniden kapatıldığından, açılan delikler dıştan algılanmayacaktır. Ancak, yöntem uygulandığı yüzeyde deformasyon yarattığından, tarihi değeri yüksek yapılar için uygun değildir.

4.7. Emprenyeli Malzemenin Özelliklerinde Meydana Gelen Değişiklikler

Emprenye işlemleri yüzeysel yapılan koruyucu işlemlerden farklı olarak, uygulanan kimyasalın ahşap malzemenin derinliklerine nüfuz etmesini sağlamaktadır. Bu nedenle ahşabın çeşitli özelliklerinde farklılıklar görülebilmektedir. Her ne kadar emprenye maddesi olarak kullanılan kimyasallar kabul görmeden önce çeşitli testlerden geçse de, günümüzde kullanılmakta olan maddelerin çoğu malzemenin özelliklerini az ya da çok değiştirmektedir. Bu değişiklikler, yeni malzemelerde ihmal edilebilmektedir. Eski malzemelerde ise gerek malzemenin tarihi öneminden, gerekse yıpranarak dirençsizleşmiş oluşundan dolayı bu değişiklikler daha iyi irdelenmelidir.

4.7.1. Direnç özellikleri

Ahşap malzemenin çok çeşitli direnç özellikleri vardır. Bunlardan en önemlileri eğilme, çekme, basınç dirençleridir. Emprenye işlemleri ahşap malzemenin taşıma gücünü doğrudan etkilemese bile, bazı durumlarda hazırlık aşamasında yapılan yarık açma, buharlama gibi işlemler ya da kimyasal maddenin kendisi dirençte azalmaya neden olabilmektedir. Vakum-basınç yöntemiyle yapılan emprenye işlemlerinde de basıncın yüksekliği, emprenye maddesinin sıcak uygulanması gibi faktörler direnç özelliklerini bir miktar düşürmektedir. Bu etkiler, emprenyenin malzemenin dayanma süresini artırması ile karşılaştırıldığında önemli sayılmamaktadır (Ridout, 2004). Ayrıca, ahşabın türü ve kullanılacağı ortamın risk grubu için uygun kimyasallar ve uygun yöntemler kullanıldığında, direnç kayıpları en aza indirilebilmektedir .

Ahşap, fenol formaldehit gibi büyük moleküler yapıya sahip kimyasallarla emprenye edildiğinde hücre duvarları kolayca tahrip olabilmektedir. Furuno'ya göre (2003), biyolojik aktiviteye karşı korumada hücre çeperlerinin sağlam yapıda olması da en az kimyasallarla korunması kadar önemlidir. Bu nedenle yüksek dayanıklılık beklenen yerlerde ya da tarihi önem taşıyan yapılarda bu tip kimyasalların kullanılmaması gerekir.

Sıcak emprenye uygulamaları ahşabın mekanik özelliklerini etkilemektedir. Bu etki kapalı tohumlularda açık tohumlulardan daha belirgindir. Sıcak emprenye uygulamaları bozulmalara karşı direnç sağlamakta fakat mekanik özelliklerin zayıflamasına neden olmaktadır. Bu nedenle daha çok toprakla direk temas halinde olan kısımlar için ihtiyaç duyulmaktadır (Kamdem vd., 2002).

Bazı basınçlı emprenye yöntemleri sırasında, uygulanan yüksek basınçtan dolayı, ahşap malzemenin hücre çeperleri tahrip olabilmekte ya da lignin ve hemiselüloz yapısında değişimler meydana gelebilmektedir (Shams vd., 2004).

Emprenye sonrası yapılan kurutma işlemleri de, ahşap malzemenin direnç özelliklerini etkilemektedir. Emprenye sonrası kurutma işlemlerinde hücre çeperleri gerilmeye maruz kalarak zarar görmektedir (Thuvander vd., 2001). Kurutma sırasında ahşabın çekme ve eğilme direncinin kontrol altında tutulması önemlidir. Emprenye sonrası hedeflenen dayanıklılık değerlerine ve yüzey kalitesine ulaşabilmek için, bu özelliklerdeki direnç kayıpları en aza indirilmelidir (McDonald vd., 2004).

4.7.2. Tutuşma özelliği

Bazı emprenye maddeleriyle emprenye edilen malzemeler daha kolay yanabilmektedir. Özellikle yağlı emprenye maddelerinde yaşanan bu soruna çözüm olarak yanmayı önleyici tuzlar kullanılmaktadır (Örs vd., 1999).

Kreozot ve organik çözücülü maddelerle emprenye edilmiş ahşap malzemede, işlemden hemen sonra yanma tehlikesinin fazla olmasının nedeni, yüzeylerde fazla yağ ve uçucu madde kalmasıdır. Bu maddeler hızla tutuştuğundan, alevin yayılması da çabuk olmaktadır. Ancak solvent yüzeyden uzaklaşıncaya kadar malzeme uygun şekilde

havalandırıldığında, bu risk önlenebilmektedir. Suda çözünen bazı emprenye maddeleriyle emprenye edilen malzemede ise alev söndükten sonra, yanma için için devam etmektedir. Bunu önlemek için emprenye maddesine fosfor bazlı maddeler katılmaktadır (Bozkurt vd., 1993). Potasyum karbonat da ateşe karşı koruyucu özelliği ile bilinen emprenye maddelerinden biridir (Aslan ve Özkaya, 2004).

Ahşap malzemede tutuşma, alevlenme ve yanmaya karşı kullanılan emprenye maddeleri genel olarak; amonyum tuzları, alkali tuzlar, inorganik yüzey örtücüler gibi inorganik maddeler ve polimerler, reçineler, reaktif bileşikler gibi organik maddelerdir (Goldstein, 1973). Yanmaya karşı etkili olan emprenye maddeleri malzemeye tamamen yanmazlık özelliği kazandırmamakta, sadece tutuşmasını güçleştirmekte ve yanma başladıktan sonra yayılma hızını yavaşlatabilmektedir (Berkel, 1972).

4.7.3. Elektrik iletkenliği

Kuru haldeyken elektrik iletkenliği çok düşük olan ve izolasyon maddesi olarak da kullanabilen ahşabın rutubeti arttığında, iletkenliği de artmaktadır. Benzer şekilde suda çözünen maddelerle emprenye edildiğinde de iletkenliği değişmektedir. Malzemenin emprenye işleminden sonra yeniden kurutulması, bu değişimin ihmal edilebilir boyutlarda kalmasını sağlayabilmektedir. Yine de tel direkleri, otomatik sistemle çalışan tren yollarındaki traversler gibi spesifik kullanım alanları için bu özellik göz önünde bulundurulmalıdır.

4.7.4. Renk değişiklikleri

Güneş ışınlarına maruz kalan ahşap malzemede renk değişiklileri görülebilmektedir. Bazıları bu etki sonucu siyahımsı gri, bazıları yeşil veya kırmızı-turuncu tonları, kimisi de kahverengimsi bir renk almaktadır. Bütün çevresel faktörlerin içinde renk değişimine neden olan en etkili unsurlardan biri UV ışınlarıdır. Benzer şekilde, sıcak emprenye metodlarında çok yüksek sıcaklıkta uygulanan emprenye

maddesi ve ardından gelen yapay kurutma işlemleri de malzemenin renginin değişmesine neden olmaktadır (Ayadi vd., 2003).

Daldırma, batırma yöntemleri gibi ahşabın rutubet oranını fazla artıran emprenye uygulamaları sonrası, ahşabın kullanılabilmesi için yeniden kurutulması gerekmektedir. Kurutma sırasında uygulanan sıcaklığın yüksek olması durumunda malzemede renk özelliklerinde değişiklik olabilmektedir (Nakano, 2005).

Tekrarlanan emprenye işlemleri malzemede renk değişikliğine yol açan bir başka faktördür. Mitsui (2006), bir kere emprenye edilmiş ve üç kere emprenye edilmiş ahşap malzeme örneklerini karşılaştırdığı deneyinde, bir kez emprenye edilenlerde renk değişiminin daha az olduğunu ortaya koymuştur.

Fenolik ekstraktifler de, termal emprenye işlemleri sırasında ahşabın selüloz ve hemiselüloz yapısında bozulmalara neden olmakta ve bu süreçte renk değişiklikleri görülebilmektedir. Bunun yanı sıra, yapay kurutma sürecinde hemiselülozdaki bozulmaların ekstraktif içeriğinin etkisini artırdığı düşünülmektedir. Renk değişiminde, bazı ağaç türleri (huş vb.) için sadece sıcaklık derecesi etkiliyken, bazılarında (çam, ladin vb.) sıcaklık derecesi ile emprenye işlemi süresinin uzunluğu etkili olmaktadır (Sundqvist, 2002).

4.8. Emprenyenin Çevreye Etkileri

Emprenye işlemleri bilinçsizce yapıldığında hem sektör çalışanlarına, hem kullanıcılara, hem de çevreye zararlı etkileri olabilmektedir. En fazla risk altında olan insanlar kuşkusuz doğrudan uygulamanın içinde olan sektör çalışanlarıdır. Mantar ve böcekler için zehirli etkisi olan emprenye maddelerinin çoğunluğu insan sağlığı için de az ya da çok zararlıdır. Bu nedenle uygun kıyafetler ve uygun çalışma ortamı içinde bilinçli bir şekilde uygulanmalıdır.

Sadece uygulama sırasında değil, emprenyede kullanılacak maddelerin taşınması ya da depolanması sırasında da benzer sorunlar yaşanabilmekte ve hatta çevreye sızıntı olabilmektedir. Bu nedenle tesisin planlanması iyi yapılmalı, giriş çıkışlar sınırlandırılmalı ve kontrol altına alınmalıdır.

En yaygın bilinen emprenye maddeleri kreozot, CCA (bakır, krom, arsenik) ve PCP (Pentaklorofenol)'dür. Çevre koruma derneklerinin baskısıyla, CCA ve kreozotun kullanımı yakın bir geçmişte, PCP ise çok daha önceleri birçok ülkede yasaklanmıştır. Bu tip arsenik içerikli maddelerin ekolojik dengeyi bozduğu ve insan ve diğer canlıların sağlıklarını tehdit ettiğine ilişkin çok ciddi araştırma sonuçları bulunmaktadır (McDonald vd., 2004; Chowdhury vd., 2003; Rahman vd., 2001; Bull, 2000; Smith vd., 2000; Saarela vd., 1999; Bates vd., 1995). Environmental Working Group (EWG)'un verilerine göre de arsenik içerikli emprenye maddeleri insan vücudunda birikebilmekte ve özellikle çocuklarda kanser riskinin oluşmasına neden olmaktadır.

1994'de yayınlanan "Environmental Aspects of Industrial Wood Preservation", emprenye yöntemleri ve maddeleriyle ilgili genel bilgiler veren bir rehber niteliğindedir. Rehber, kimyasal koruyucuların ve emprenyenin minimuma indirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Brereton (1995) ile Simpson ve Brown (1995) da benzer olarak, yapılarda ahşap elemanların emprenyesi konusunda, yapının tarihi önemi ve koruma ihtiyacının göz önüne alınması, gereksiz uygulamalardan kaçınılması gerektiğini savunmaktadırlar.

Ridout'a göre (1992), yapıda kullanılan ahşabın türü, yapısal özellikleri, tipi hatta yaşı kimyasallarla koruma yoluna gidilmeden önce değerlendirilmelidir. Malzemenin kimyasal koruyucu kullanmadan onarılıp onarılamayacağı ya da hangi emprenye yönteminin kullanılacağına buna göre karar verilmelidir. Çünkü gereksiz kullanılan emprenye maddeleri hem ahşabı tahrip etmekte, hem de insan ve çevre sağlığını tehdit etmektedir.

Bütün bu çevresel sorunlara çözüm arayışı içinde, su buharı ve kadameli olarak uygulanan sıcaklık ile uygulanan termal emprenye yöntemleri gibi yeni teknolojiler denenmektedir (Gosselink vd., 2003). Bu sorunlara çare olabilecek yeni emprenye maddeleri olan alkilamonyum bileşikleri, doğal sepi maddeleri ve geleneksel borlu bileşikler de gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Borlu bileşikler, biyolojik zararlılara karşı yüksek etkinlikleri, suyla çözünerek kolayca uygulanabilmeleri, oduna difüzyon yetenekleri, ucuz ve kolay temin edilebilir olmaları, memelilere karşı ihmal edilebilecek derecede düşük zehirlilik etkileri ve yanmaya karşı ahşabın direncini önemli ölçüde artırmaları nedeniyle güncellik kazanmışlardır. Bununla birlikte dış ortamda yağmur etkisiyle kolayca odundan yıkanmaları nedeniyle kullanımları yalnızca

iç mekânlarda sınırlı kalmıştır (Baysal, 2003). Brelid (2000), arsenik içerikli güçlü koruyuculara alternatif olarak asetil gruplarını önermektedir. Asetil de biyolojik zararlılara karşı etkili olmasına rağmen toksik olmayan ve çevre üzerinde önemli bir etkisi olmayan bir maddedir.

Eski çağlarda ahşabın korunması için kullanılan bazı bitkisel yağların geliştirilmesi ile bu yağların da emprenye endüstrisinde kullanılması mümkün olabilecektir. Gıda endüstrisinde de kullanılan yağların insan sağlığına ve çevreye karşı hiçbir olumsuz etkisi yoktur (Kartal vd., 2005).

Emprenye edilmiş ahşap malzeme atıkları genellikle yakılarak yok edilmektedir. Ancak bazı kimyasal maddeler yandığında bile zararlı etkisini sürdürmektedir. Küllerin çevreye yayılması ya da yanma işlemi sırasında atmosfere karışan zehirli gazlar nedeniyle kirlenme devam etmektedir (Kobayashi vd., 2005).

Emprenye maddelerinin üretim yerlerinde atıklar yoluyla suya karışması ya da kullanım yerinde yağmur suyu ile yıkanma sonucunda suya ve toprağa karışması, çevre sorunlarının temel nedenidir. Çevre duyarlılığı açısından, emprenye işlemleri sırasında ortaya çıkan atık suyun yine aynı tesis içinde değerlendirilmesi gereklidir. Bu sular sistem içinde yeniden kullanılmadığı taktirde çok ciddi çevresel sorunlar yaratmaktadır. Emprenye sırasında oluşan atık yağların, emprenye işlemleri için yeniden kullanılması mümkündür (Ledhem vd., 2000).

Kullanım yerinin risk derecesine uygun emprenye yapmak emprenye maddelerinin zararlı etkilerini kısmen azaltabilmektedir. Suyla direk teması olmayan yerlerde, örneğin yapılarda, zehirli etkisi çok yüksek kimyasallar yerine daha çevreci kimyasallar kullanılmalıdır.

5. TARİHİ YAPILARIN RESTORASYONUNDA, AHŞABIN BİYOLOJİK BOZULMALARINA KARŞI YERİNDE EMPRENYE TEKNİKLERİNİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

5.1. Deneylerin Amacı

Organik bir malzeme olan ahşap, zamanla biyolojik bozulmalara maruz kalmaktadır. Herhangi bir koruyucu işlem görmemiş ahşabın kullanım yerinde mantar ve böcekler tarafından tahrip edilerek çürütülmesi, geleneksel ahşap yapıların sayısının giderek azalmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; ahşap malzemeye kullanım öncesi uygulandığında çok etkili sonuçlar veren çağdaş emprenye tekniklerinin, tarihi ahşap yapılardaki eski malzeme üzerindeki etkinliğini belirleyerek, bu yapıların restorasyonunda ya da konservasyonunda yerinde emprenye tekniklerinin uygulanabilirliğini araştırmaktır.

Yapılan araştırmalarla endüstriyel ahşapta etkinliği ortaya konulmuş olan emprenye maddelerinin, tarihi yapılarda yerinde emprenye teknikleri ile uygulanması sağlanabilirse, tarihi ahşap yapıların riskli kısımları yerinde emprenye edilebilecek ve biyolojik zararlılardan korunan malzemenin kullanım süresi uzatılabilecektir. Ancak emprenyenin bu etkin sonuçları yanında, uygulama güçlükleri ve bilinçsizce uygulandığında yapılara zarar verebilecek olumsuz etkileri de olabilmektedir. Bu nedenle yerinde emprenye tekniklerinin ve kullanılacak kimyasalların tarihi ahşap yapılar üzerindeki etkinliği çok yönlü olarak araştırılarak kullanılabilirliği ortaya konulmalıdır. Bu amaçla, deneysel aşamada emprenye edilen ahşap numuneler, mekanik ve biyolojik testlere tabi tutulmuştur.

Mekanik testlerde, emprenye maddelerinin ve işleminin eski ahşap malzemenin dayanıklılık özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Emprenye işlemi, daha önceki bölümlerde değinildiği gibi, ahşap malzemenin kimi özelliklerinde değişikliklere neden olabilmektedir. Mekanik özelliklerde görülen değişiklikler, yeni malzemede çoğunlukla ihmal edilebilir sınırlar içinde kalmaktadır. Eski malzeme üzerindeki etkileri hakkında ise, yeterli araştırma yoktur. Bu nedenle, öncelikle emprenye işleminin eski ahşap malzemenin mekanik özelliklerini ne kadar etkilediği

belirlenmelidir. Mekanik özelliklerinde görülen olumsuzluklar ihmal edilemeyecek boyutlarda ise, biyolojik sorunlardan korumaya çalıştığımız ahşap malzeme, bu kez dayanıklılık sorunları ile karşı karşıya kalacaktır. Bu bağlamda; emprenye edilen numunelerin mekanik özelliklerinin belirlenebilmesi için liflere paralel doğrultuda basınç ve çekme dirençleri, liflere dik doğrultuda basınç ve çekme dirençleri, vida tutma dirençleri ölçülmüştür. Ancak, eski yapılardan büyük ebatlı numune alınması mümkün olmadığından, eğilme direnci ölçülememiştir.

Emprenye sonrası malzeme üzerinde kalan kimyasal madde miktarı da emprenye işleminin etkinliği açısından çok önemlidir. Bu nedenle, emprenye işlemi sonrası numunelerin absorbsiyon miktarları hesaplanmıştır. Yerinde uygulanan emprenye işlemlerinde, kimyasalın malzemeye nüfuz etmesini sağlayan herhangi bir basınç uygulanmadığından absorbsiyon miktarları basınç uygulayan yöntemlere göre daha düşük olmaktadır. Bu durum emprenye işleminin belirli aralıklarla tekrarlanmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, emprenye işleminin malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkisi ve absorbsiyon miktarları birlikte değerlendirilmesi gereken unsurlardır.

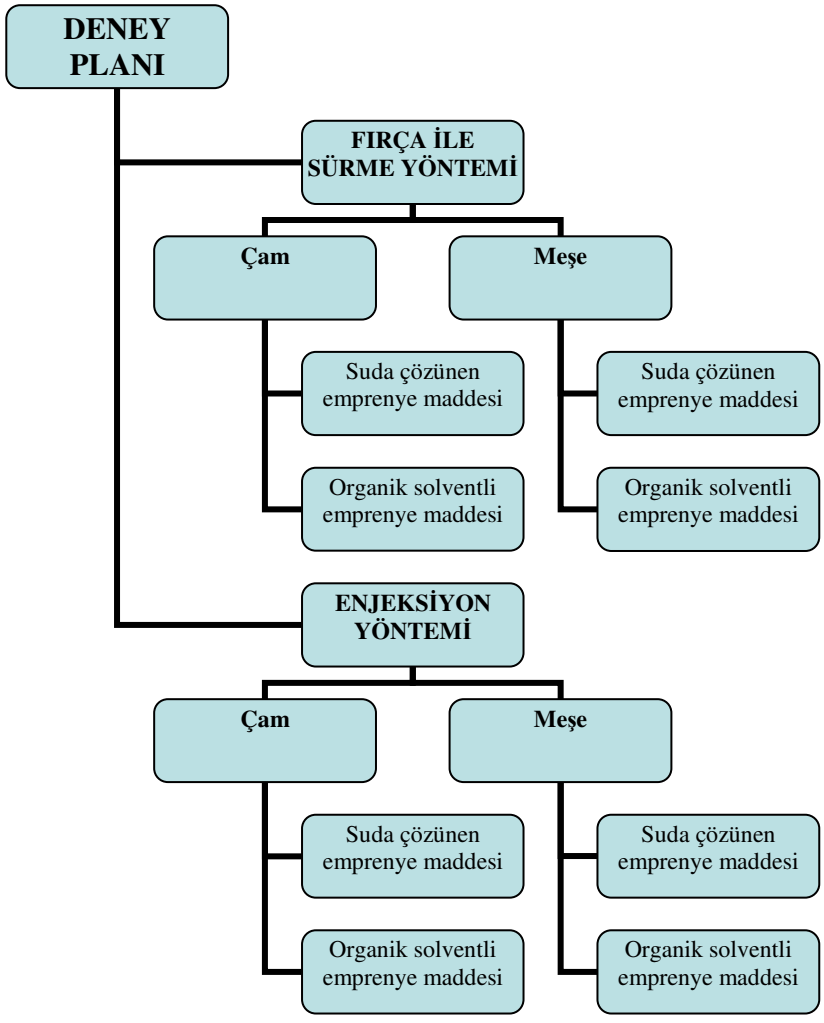
Biyolojik testlerde ise, yerinde emprenye işlemlerinin malzemede zarar yapan biyolojik aktiviteye karşı etkinliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bunun için, belirlenen yöntem ve maddelerle emprenye edilen numuneler biyolojik aktiviteye maruz bırakılmıştır. Deney sonrası her bir numunenin biyolojik aktivite karşısındaki durumu incelenmiştir.

Biyolojik testler için iki deneme yapılmıştır. Birinci denemede, numuneler böceklerin ideal yaşam koşullarının sağlandığı kontrollü deney ortamında böcek yumurtalarına maruz bırakılmıştır. Birinci denemenin sonunda yeterli veri sağlanamadığından, biyolojik testler farklı bir yöntemle yeniden tekrarlanmıştır. İkinci denemede ise numuneler, kontrollü ortam yerine biyolojik aktivitenin doğal olarak bulunduğu eski yapıya bırakılarak açık alan testlerine tabi tutulmuştur.

5.2. Deney Planı

Deneysel aşamada, tarihi yapılardaki ahşap elemanların, biyolojik zararlılara karşı yerinde emprenye teknikleri ile korunabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla; Tekirdağ Ertuğrul Mahallesi, İskele Caddesi 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı eski yapı üzerinden örnekler alınarak, aşağıdaki çizelgede belirtilen plana göre emprenye edimiş ve emprenye maddesinin etkinliğini ölçmeye yönelik testler yapılmıştır.

Çizelge 5.1. Deney planı; numunelere uygulanacak emprenye yöntemleri ve maddeleri



- Her bir deney grubu için 5'er adet numune seti kullanılmıştır (Toplam 40 adet numune seti).
- Uygulamanın ardından numuneler laboratuar ortamında eskitilmiştir.
- Her bir deney grubu için emprenye edilmemiş birer adet kontrol grubu seti kullanılmıştır (Toplam 8 adet kontrol grubu seti).

Yapı üzerinden meşe ve çam örnekler alınmıştır. Örnekler ebatlanarak özdeş beşerli numune setleri şeklinde gruplandırılmıştır. Örnekler sınıflandırıldıktan sonra, suda çözünen ve organik solventli iki farklı emprenye maddesi ile emprenye edilmiştir. Emprenye işlemi, her bir yöntemde eşit miktarda (150 ml/m²) olmak üzere sürme ve enjeksiyon yöntemleri ile uygulanmıştır. Kullanılan emprenye maddesi sabit tutularak değişik yöntemlerle emprenye edilen örnekler, numunenin türüne ve uygulama tekniğine göre yeniden sınıflandırılmıştır. Her farklı tip numune seti için, emprenye edilmemiş numunelerden oluşan birer kontrol grubu bırakılmıştır (Oluşturulan deney planı Çizelge 5.1.'de gösterilmiştir).

5.3. Materyal ve Metod

Araştırma evrenine esas olmak üzere seçilen tarihi Tekirdağ evleri ve araştırmada kullanılan diğer malzemeler aşağıda yer almaktadır.

5.3.1. Tekirdağ evlerinin genel özellikleri ve bugünkü durumu

Tekirdağ evlerinin temel yapı malzemesi ahşaptır. Ahşap karkas evler, genellikle iki ya da üç katlıdır. Ayrıca çatı katı uygulaması Tekirdağ evlerinde oldukça yaygındır. Yapı malzemesi olarak genellikle meşe ve çam ağaçları kullanılmıştır. Meşe daha fazla dayanıklılık aranan taşıyıcılarda tercih edilirken, çam çoğunlukla dış cephe kaplamalarında kullanılmıştır. Evlerin çoğunda sokak kapısı, giriş nişi ile içeriye çekilmiştir. Kapılar, genellikle iki kanatlıdır ve ahşaptan yapılmıştır. Dış kapılar çeşitli motiflerle süslenirken, iç kapılar sade bırakılmıştır (Satkın, 1996).

Odalar genellikle sofa ya da divanhane etrafına uzunluğuna dizilmekte, kapıları da büyük sofaya açılmaktadır. Odalar çok geniş ve çok pencerelidir. Odaların pencereleri, içeriye bol ışık ve hava girmesi için genellikle büyük yapılmıştır. Pencerelerin dört kenarına veya sadece alt kenarına ahşap süslemeler yapılmıştır. Zemin kat ve birinci kat pencerelerinde demir parmaklıklar vardır (Satkın, 1996).

Ailenin her gün oturduğu oda günlük odadır. Evin en büyük ve süslü odası olan başoda ise misafirlerin kabul edildiği ve evin büyüğünün oturduğu odadır. Odaların pencere olan tarafında, duvar kenarında boydan boya uzanan ahşap ve kerpiçten yapılmış sedirler vardır (Sümer, 1970). Geleneksel Türk evlerinin ocak, yüklük ve gusülhane gibi elemanları Tekirdağ evlerinde de yerini almıştır.

Geleneksel Türk mimarisinin özel ve önemli bir bölümünü teşkil eden tavanlar da ahşaptır. Tekirdağ evlerinin çoğunda tavan nakışsızdır ve genellikle düz tavanlar kullanılmıştır. Düz tavanlara süslemeler yapılmıştır. Yapılan süslemelerde geometrik şekiller (özellikle kare ve dikdörtgen) yaygın olarak kullanılmıştır. Tavanlarda, duvarlarla tavan arasını kapatan ve korniş görevi yapan ahşap elemanlar kullanılmıştır. Önemli odaların tavanları etrafına bir veya birkaç kenar yapılarak bunların içine nakışlar işlenip ortaya bir göbek nakış yapılmıştır. Büyük yapılarda ve varlıklı kişilerin evlerindeki tavanlarda, yuvarlak veya elips biçiminde göbekler de bulunmaktadır (Satkın, 1996).

1927 yılından önce Tekirdağ il merkezinde 41 mahalle mevcuttur. 1927'de yapılan ilk nüfus sayımından sonra bu mahalleler dokuz mahalleye bölünmüştür. Tekirdağ'daki bu mahallelerin 22'si Türk, 11'i Ermeni, 6'sı Rum, 1'i Musevi ve 1'i çarşı mahallesidir. Eski kayıtlara göre, Tekirdağ'ın çeşitli mahallelerinde 4414 ev, 981 dükkân ve 278 zahire deposu bulunmaktadır (Serez, 1993).

Bugüne ise TC Kültür ve Turizm Bakanlığı Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıkları Yüksek Kurulunun 23 Ocak 1987 tarihli kararıyla tescil kaydı devam eden sadece 260 ev ve 63 anıtsal yapı kalmıştır. 1987'den bu yana tescil kaydı devam eden yapıların bazılarının da yıkıldığı bilinmektedir.

Her ne kadar Tekirdağ evlerinin yapılış tarihiyle ilgili kesin veriler bugüne ulaşmamış olsa da, günümüze ulaşabilmiş yapıların en eskilerinin 17. yüzyıldan kalmış olduğu bilinmektedir. Örneğin Hikmet Çevik Sokak 15 numaralı yapının üzerinde yapılış tarihi olarak 1717 yazılıdır (Serez, 1993). 18. ve 19. yüzyıla ait yapılarsa sayıca daha fazladır.

Günümüzde ahşap evlerin en yoğun bulunduğu yerler Çiftlikönü Caddesi, Peştemalci Caddesi, Barbaros Caddesi, İskele Caddesi, Cehennemdere Caddesi, Mayadağlı Caddesi, Soğukkuyu Caddesi, Tintin Pınar Caddesi ve çevreleridir.

Tekirdağ'ın yeni yerleşim bölgelerinin kentin doğusuna doğru gelişmesi ve geleneksel ahşap evlerin bulunduğu bölgelerin yoksullaşması tarihi dokunun bozulmasına neden olan en önemli faktörlerden biridir. Bugün bu evlerde yaşayanların çoğu, Tekirdağ çevresindeki köylerden ya da başka mahallelerden gelerek, daha ucuz olduğu için bu evlere yerleşmiş kimselerdir.

Yaşayanların eğitim ve gelir düzeylerinin oldukça düşük olması, evlerin korunma durumunu olumsuz etkilemektedir. İnsanların büyük bir bölümü koruma bilincine sahip değildir ve hatta evlerini korumaya değer bile bulmamaktadır. Ayrıca bu bilince sahip olunsa bile, düşük gelir düzeyleri evlerin onarımı için yetersiz kalmaktadır. Bu olumsuzluklara rağmen içinde yaşamın devam ettiği evler, terkedilmiş evlere oranla, korunma durumu ve yapısal durum açısından daha iyi durumdadır. Bugün tescilli 260 evin önemli bir bölümü boştur. Bazıları ise bakımsızlıktan harabe durumuna gelmiş ya da tamamen yıkılmıştır.

Genellikle Peştamalcı Caddesi ve çevresinde bulunan ve restore edilmiş belirli evler dışında, evlerin neredeyse tamamı hiçbir strüktürel müdahalede bulunulmaksızın kendi haline bırakılmıştır. Bu evler ayakta kalabildiği sürece kullanılıp, kullanılamaz hale gelince terk edilmektedir.

Bu olumsuzluğun doğurduğu olumlu bir sonuç ise evlerin genellikle özgün halleriyle kalmış olmalarıdır. Ancak bazı evlere günün ihtiyaçlarını karşılayabilmek için eklenen kapı, pencere gibi eklentiler ya da genellikle işyeri olarak kullanılan yapılarda görülen plan şemasında yapılan değişiklikler, evleri özgün halinden uzaklaştırmıştır. Özellikle sonradan su tesisatı eklenen evlerin bazılarında, su borularının dıştan görünür şekilde yerleştirilmesi bütün cephenin bozulmasına neden olmuştur.

Tekirdağ evlerinde kullanılan çatı kaplama malzemesi alaturka kiremittir. Ahşabı havanın ve iklimin etkilerinden koruyucu başka herhangi bir yalıtım malzemesi kullanılmamıştır. Bu nedenle evlerin çatılarına sık sık bakım yapılıp bozulan kiremitler yenilenmezse altındaki ahşap tavan zarar görmekte ve bu durum bir süre sonra evlerin içinin de dışı kadar zarar görmesine neden olmaktadır.

Ahşabın boya, vernik gibi bir üstyüzey malzemesi ile doğru şekilde kaplanması, ahşabı dış etkenlerden korumaya yardımcı olmaktadır. Ancak bu üstyüzey malzemelerinin rastgele uygulanması daha büyük zararlar da verebilmektedir. Örneğin dış cephe kaplamalarının, nefes almasını önleyen boyalar ile boyanması ahşaba zarar

vermektedir. Kısa sürede deforme olan boyanın herhangi bir yerinden giren rutubet, hava alamayan ahşap malzeme tarafından dışarı atılamadığından çok daha büyük zarara neden olmaktadır. Üstelik bu zarar, örtücü boyanın altında geliştiği için, ancak ilerledikten sonra fark edilebilmektedir.

Tekirdağ evlerinin nerdeyse tamamında görülen bu temel sorunlar dışında evlerin tamamını kapsamayan bazı sorunlar da vardır. Bunlardan biri ısınma problemini çözmek için tercih edilen soba ve ocakların yanlış kullanılmasından doğan bozulmalardır. Evlerin birçoğunda baca sorunu, soba borusu ara kattan dışarı çıkarılarak çözülmüştür. Bu durum hem evin görünümünü bozmakta hem de sürekli aynı noktadan gelen duman yüzünden o cephedeki yapı elemanları zarar görmektedir. Dumanın verdiği ısı dış yüzeydeki ahşap kaplamaların doğal nem dengesini bozarak, evin diğer bölümlerine göre farklı çalışmasına neden olmaktadır. Ocağın kullanımının devam ettiği ancak bakımının yapılmadığı bazı evlerde de çıkan isten dolayı yapı elemanları zarar görmektedir.

Zaman zaman yaşanan yangın olayları da Tekirdağ'da geleneksel ahşap evlere zarar veren bir faktördür. Kolay tutuşan bir malzeme olan ahşap, kasten ya da kazayla kolayca yakılabilmektedir.

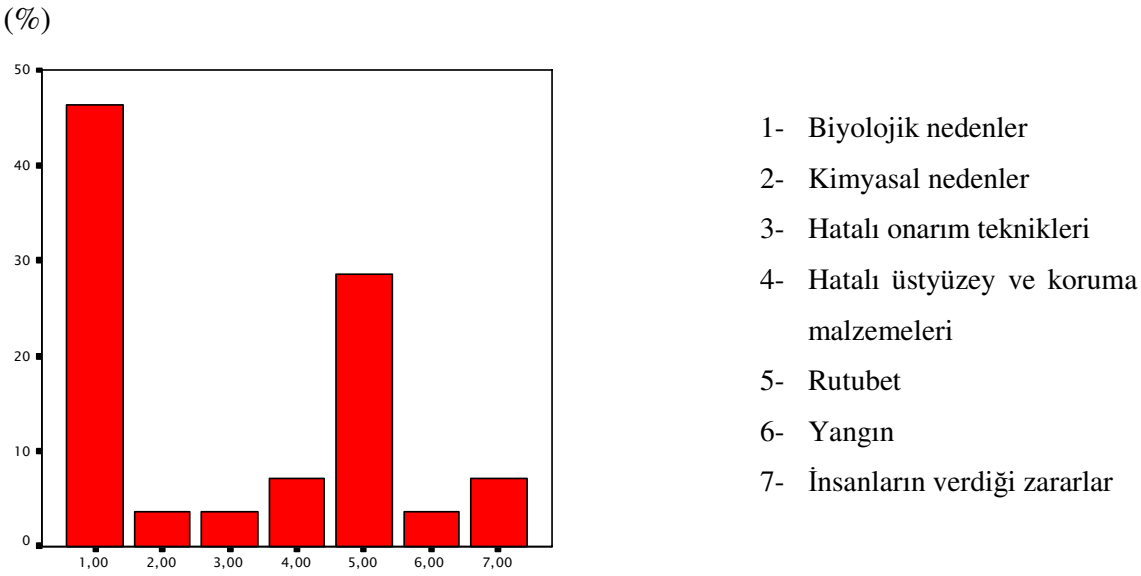
Tekirdağ aynı zamanda deprem bölgesinde yer alan bir şehirdir. Geçmişten bu yana çeşitli depremler geçirmiş ve bu depremlerin sonunda birçok ev tamamen yıkılmış ya da önemli ölçüde zarar görmüştür. Ancak ahşap evler eski olmalarına oranla, son yaşanan depremden yeni yapılar kadar zarar görmemiştir. Depremde hasar gören evlere ise herhangi bir onarım yapılmamıştır.

Tekirdağ'ın bağıl nem oranının yüksek olması ise ahşap evlerin bozulmasını hızlandıran en önemli faktörlerden biridir. Ne yazık ki bu olumsuzluktan sadece dış cephe kaplamaları değil, taşıyıcılar ve iç mekânlar da etkilenmektedir. Çünkü evlerin geneli çatıdan, duvardaki bir açıklıktan ya da doğramalardan su almaktadır.

Yapılarda bozulmaya yol açan tahrip nedenleri arasında en etkili olan nedenler biyolojik tahripler ve rutubettir (Grafik 5.1.). Tekirdağ'ın deniz kıyısında bir şehir olması ve evlerin denize paralel, sokakların ise denize dik olarak planlanmış olması rutubetten etkilenme oranını artırmaktadır. Higroskopik bir yapıya sahip olan ahşap bünyesine nem alarak deforme olmaktadır. Ayrıca nem, ahşap elemanlarda biyolojik zararlılar için uygun bir ortam oluşmasına neden olmaktadır. Bunu insanların verdiği zararlar ve yanlış üstyüzey ve koruma malzemelerinin kullanılmış olması takip etmektedir. İnsanların verdiği zararlar

daha çok evin dış bölümlerinde ağırlık kazanmaktadır. Evin zayıflayan ahşap kaplamalarının çeşitli amaçlarla sökülmesi, dış cephelere asılan tabelalar veya yazılan yazılar bu zararlar arasındadır. Yanlış boya ve üst yüzey malzemelerinin kullanılması da dolaylı olarak insanların verdiği bir zarar olarak nitelendirilebilir. Kimyasal zararlar, yanlış onarım teknikleri ve yangınlar da Tekirdağ evlerini tahrip eden faktörler arasında yer almaktadır. Kimyasal zararların etkisi diğerlerine oranla düşük görünmektedir. Yanlış onarım tekniklerinin kullanılmasının neden olduğu tahriplerin az oluşu ise yıpranan evlerin genellikle onarılmıyor oluşuna bağlanmalıdır.

Ahşabın içinde çoğalan mantarların, yaşamlarını sürdürebilmek için ortalama olarak % 18'in üzerinde bir nem değerine ihtiyaçları vardır. Gerekli önlemler alınmadığı sürece, bu nem oranının üzerindeki bir ahşabın mantarlaşması kaçınılmazdır. Bu nedenle böcek ve mantar sorunları Tekirdağ evlerinin genelinde görülen ve bozulma nedenleri arasında ilk sırada yer alan yaygın bir problemdir. Deneylerde kullanılacak numunlerin alındığı Tekirdağ Ertuğrul Mahallesi, İskele Caddesi 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı eski yapıda da çeşitli biyolojik sorunlar bulunmaktadır.



Grafik 5.1. Tekirdağ evlerinde kullanılan ahşabın bozulma nedenleri, Tescilli 76 Tekirdağ evi üzerinde yapılan araştırma sonuçları, (Ö. Bozkurt, 2003)

5.3.1.1. Tekirdağ Ertuğrul Mahallesi İskele Caddesi 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı yapıda saptanan biyolojik sorunlar

Yapıda, Geleneksel Tekirdağ evlerinin genelinde olduğu gibi, böcek ve mantar tahribatı bulunmaktadır. Şu anda atıl durumda olan ve eski eşya deposu olarak kullanılan yapının çatıdan su alması, yeterince temizlenmemesi ve havalandırılmaması biyolojik aktivite için çok uygun koşulların oluşmasına neden olmuştur (Resim 5.1.).

Yapıda biyolojik faktörlerin neden olduğu bozulmalar, nem sorununun fazla olduğu zemin kat ve çatı katında yoğunlaşmaktadır. Havalandırılmayan, karanlık ve rutubetli zemin katın tavan döşemelerinde mantar sorunları böcek sorunlarından daha etkilidir (Resim 5.2.).



Resim 5.1. Tekirdağ Ertuğrul Mahallesi, İskele Caddesi 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı eski yapı, (Ö. Bozkurt, 2007).



Resim 5.2. Yapının zemin kat tavan döşemelerinde görülen küflenme, (Ö. Bozkurt, 2008).

Devamlı neme maruz kalan çatı katında mantarların neden olduğu tahribat oldukça ileri düzeydedir. Mantar meyvesi makroskopik olarak görülebilmektedir (Resim 5.3.). Mantar meyvesi çevresinden ve yapıda çürüme belirtisi görülen farklı noktalardan alınan örnekler mikroskop altında incelendiğinde çok sayıda spora rastlanmıştır.

Çatı katında mantar tahribatı sadece ahşap elemanlarda değil, duvarda da etkilidir (Resim 5.4.). Özellikle dış cepheye bakan duvarlarda ve dolap içi gibi kısımlarda sorun belirgin bir şekilde yoğunlaşmaktadır.



Resim 5.3. Yapının çatı katı tavan döşemelerinde görülen mantar, (Ö. Bozkurt, 2008).



Resim 5.4. Yapının çatı katı duvarlarında görülen mantar tahribatı, (Ö. Bozkurt, 2008).

Bahsedilen mantar dokusu üzerinden örnekler alınıp mikroskop altında incelenmiştir. Aşağıda odun dokusu üzerine arız olmuş mantarın büyütülmüş görüntüsü yer almaktadır (Resim 5.5.).

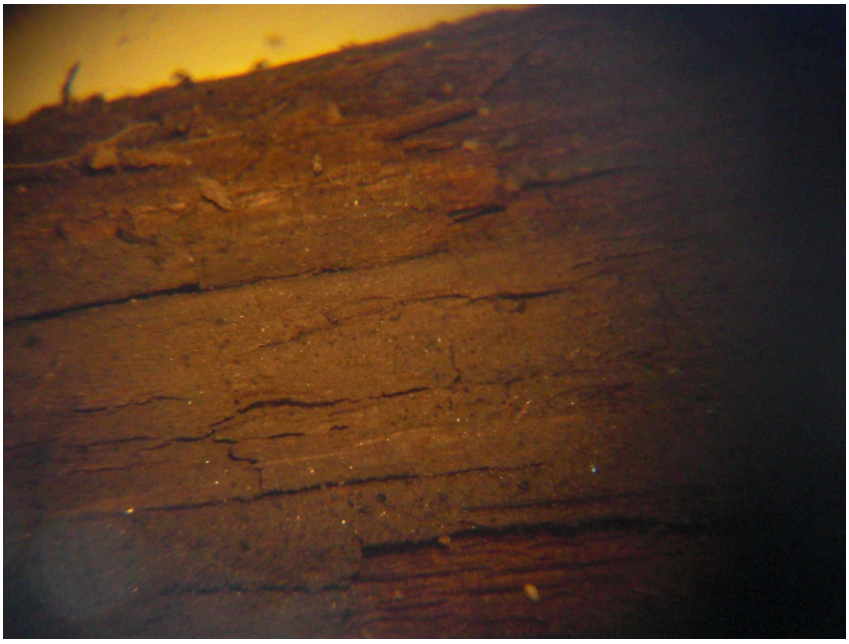


Resim 5.5. Yapıda görülen çürüklük mantarı detayı (16X) (G. Çobanoğlu, 2008).

Yapıda çürüklük ve küf mantarlarına rastlanmıştır. Mantarların türü ise tespit edilememiştir. Küf mantarlarının zararları malzemeyi yapısal olarak önemli oranda etkilememekle birlikte, malzemenin rengini değiştirerek doğal görüntüsünün bozulmasına neden olmaktadır. Daha önemlisi bu mantarlar bulundukları bölgede nem tuttuklarından, burada bakteri ve böcek üremesini ya da daha ciddi mantar zararlılarının çoğalmasını kolaylaştırmaktadır. Bu mantarların zarar verdiği tabakalar mekanik yöntemlerle kazınarak ya da zımparalanarak temizlenebildiğinden mücadelesi daha kolay olmaktadır (Bozkurt vd., 1993).

Çürüklük mantarları ise ahşabın yapıtaşı olan selülozu tahrip etmektedir. Bu nedenle, çürüklüğün ileri safhalarında, ahşap taşıyıcı özelliğini tamamen kaybetmektedir. Hatta ufalanmakta, bölgesel kopmalar sonucu kırılabilmektedir. Bu nedenle daha tehlikelidir.

Küflenmiş ahşap malzeme üzerinden alınan örnekler mikroskop altında incelendiğinde mantar sporlarının yanı sıra, bakteri ve mavi-yeşil alglerin varlığı tespit edilmiştir. Malzemenin renginde meydana gelen koyulaşmanın nedeni de bu organizmaların varlığıdır (Resim 5.6.) (G. Çobanoğlu, 2008). Ayrıca, malzeme yumuşamış ve üzerinde kılcal çatlaklar oluşmuştur.



Resim 5.6. Mantar, bakteri ve alg oluşumu sonucu bozunmaya uğramış ahşap malzeme (G. Çobanoğlu, 2008)

Bakteri varlığı, yapıda rutubetin çok yüksek olduğu kısımlarda yoğunlaşmaktadır. Bakteriler odun dokusunda selüloz mikrofibrilleri tahrip ettiğinden malzemede yüzey erozyonu görülmektedir (Resim 5.6.).

Böcek sorunları mantar ve bakterilerden farklı olarak, yapının çok rutubetli olmayan kısımlarında da etkili olmuştur. Dolap kapakları, merdiven trabzanları gibi nispeten kuru olan yapı elemanlarında da böcek tahribatı bulunmaktadır (Resim 5.7.). Bazı yapı elemanlarında böcek tahribatı tek başına etkili olurken, bazı yapı elemanlarında mantar ve bakterilerle birlikte etkili olmaktadır. Ayrıca, böcek atıkları rutubet oranı yüksek olan ve aynı zamanda bakteri-mantar tahribatı bulunan, döşeme altı gibi yerlerde yoğunlaşmaktadır (Resim 5.8.).

Böceklerin, açtıkları kanallar, uçma delikleri, öğüntü tozları ve atıkları incelenerek kimlikleri araştırılmış ve bunun sonucunda yapıda *Anobium punctatum* tahribatı olduğu saptanmıştır. *Anobium punctatum* hem iğne yapraklı hem de geniş yapraklı eski ahşap malzemede tahribat yapabilen, bu nedenle yapılarda yaygın olarak rastlanan bir böcek türüdür. Yapıda da, hem çam, hem de meşe malzemeler böceklenme riski altındadır. Bölüm 5.5.'de Anobium punctatum'un biyolojik özellikleri, yaşam koşulları ve malzemede yaptığı bozulma şekli detaylı olarak açıklanmıştır.



Resim 5.7. Yapının merdiven trabzanında böcek tahribatı, (Ö.Bozkurt, 2007).



Resim 5.8. Yapıdan toplanan böcek atıkları (G. Çobanoğlu, 2008).

5.3.2. Deneyde Kullanılan Biyolojik Malzemeler

Bir önceki başlıkta açıklandığı gibi, deney öncesinde, yapıdaki biyolojik sorunlar araştırılmıştır. Yapıda küf mantarları ve çürüklük yapan mantarlar ile *Anobium punctatum* bulunmaktadır. Küf mantarları ve çürüklük yapan mantarlar Bölüm 3.2.2.1 ve Bölüm 3.2.2.2'de açıklandığından bu bölümde sadece *Anobium Punctatum* yer alacaktır.

5.3.2.1. Anobium Punctatum

Anobium Punctatum, *Anobiidae* familyasına giren en önemli kuru ahşap zararlılarından biridir. *Anobiidae* (Tos vuran böcekler/ağaç kemirenler) familyasının temsilcileri dünya üzerinde geniş çapta yayılış göstermekte ve özellikle yapılardaki ahşap malzemeye arız olmaktadırlar. Familyanın 50 cins ve 250 türü vardır. Hem iğne yapraklı hem de yapraklı ağaçlara arız olmakta, bazen öz oduna da zarar verebilmektedirler. *Anobium Punctatum* (Mobilya böceği) dışında, bu familyadaki diğer önemli türler *Xesiobium rufovilosum* (Ölüm saati böceği), *Ptilinus pectinicornis* (Tarağımsı antenli tos vuran böcek), *Ernohius mollis* (Kemirici yumuşak böcek), *Coelostethus pertinax* ve *Priobium carpinidir* (Bozkurt vd, 1993).



Resim 5.9. Ergin halde *Anobium punctatum* böceği (http://www.arkive.org)

Erginleri kırmızımsı kahverengindedir ve sarımsı tüylerle örtülüdür (Resim 5.9.). Peletleri kısa, küçük ve uçları biraz sivri olup yer fıstığı biçimindedir. Açtıkları galeriler kemirinti tozu ile doludur. Uçma delikleri 1-2 mm çapında, küçük ve yuvarlaktır. Uçma deliklerinin üzerinde sık sık kemirinti birikintileri görülmektedir. Erkek ve dişi böcekler 2,5-5 mm uzunluktadır. Bacakları kısa ama iyi gelişmiştir. Dişi böcekler, yumurta bırakmak için kullandıkları, ucu sivri tüp şeklinde uzuvlara sahiptirler (White ve Brich, 1987).



Resim 5.10. *Anobium punctatum'*un ahşap içindeki larvası (http://www.arkive.org)

Bletchley (1952), bir dişi böceğin, yumurtlama periyodunda yaklaşık 28 yumurta bırakabildiğini tespit etmiştir. Daha sonra yapılan bir çok araştırmada da bu değere yakın sonuçlar (ortam koşullarına göre 20 ile 50 arasında değişen değerler) elde edilmiştir. Yumurtaları ortalama 0,3 mm uzunluktadır. Beş hafta içinde larvalar yumurtadan çıkmaktadır. Larvaları sarımsı beyaz renkte, üç çift ayaklı ve 4-7 mm boyundadır. Vücutları "C" şeklinde, başları sarımsı kahve renkte ve çeneleri koyudur (Resim 5.10.). Larva yolları başlangıçta ayrıdır, daha sonra birleşip tüm malzemeyi istila ederek ahşabın yapısını bozmaktadırlar.

Daha çok ılıman iklim bölgelerinde görülürler. Avrupa, Asya, Kuzey Amerika, Cezayir, Kanarya Adaları, Korsika, A.B.D., Güney Afrika, Avustralya ve Yeni Zelanda'ya yayılmıştır. Türkiye'de özellikle İstanbul ve çevresi, Ankara, Ayancık ile Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Rize, Trabzon ve Gümüşhane dolaylarında, ayrıca Doğu Anadolu'da Göle havalisinde saptanmıştır (Kaygın ve Sade, 2004).

Geniş bir konukçu kitlesi vardır. Türkiye'de en çok çam, ladin, kayın, kızılağaç, ceviz, göknar, kavak ve dişbudakta zarar yapmaktadırlar. Esas konukçuları olan yapraklı ağaçların kabuk altındaki yumuşak odun dokularında, iğne yapraklı ağaçların da diri odununda galeriler açarak tahribat yapmaktadırlar (Lodos, 1998; Çanakçıoğlu, 1993). Yapılarda; kiriş, tahta, lata, parke, döşeme, merdiven, kapı, lambri, mobilya, sepet, küfe gibi materyal ile eski eserlere zarar vermektedirler. Tarihi ahşap yapılarda, ahşaptan yapılmış değerli sanat eserleri ve antik eserler, müzelerdeki eserler ile müzik aletlerinde çok büyük tahribat yapmaktadırlar. Tahribatları, döşeme ahşaplarının çökmesine sebep olacak kadar ciddi ve önemli olabilmektedir ve ekonomik bakımdan bütün böceklerden daha fazla zararlı olmaktadırlar. Eski malzeme taze malzemeye göre daha yavaş tahrip edilmektedir. Ancak ahşap malzemenin eskiliği, *Anobium punctatum*'un zararını engelleyememekte ve çok eski malzemeye de arız olabilmektedirler.

Bulaşmadan uzun süre sonra, ahşabın iç kısımları boşalmakta ve yalnızca kabuk kısımları kalmaktadır. Böceklerin meydana getirdiği deliklerin içleri, toz halindeki talaşlarla doludur. Rutubetli ve kısmen çürümüş malzemeler ise daha çok saldırıya uğramaktadır (Bozkurt vd., 1993).

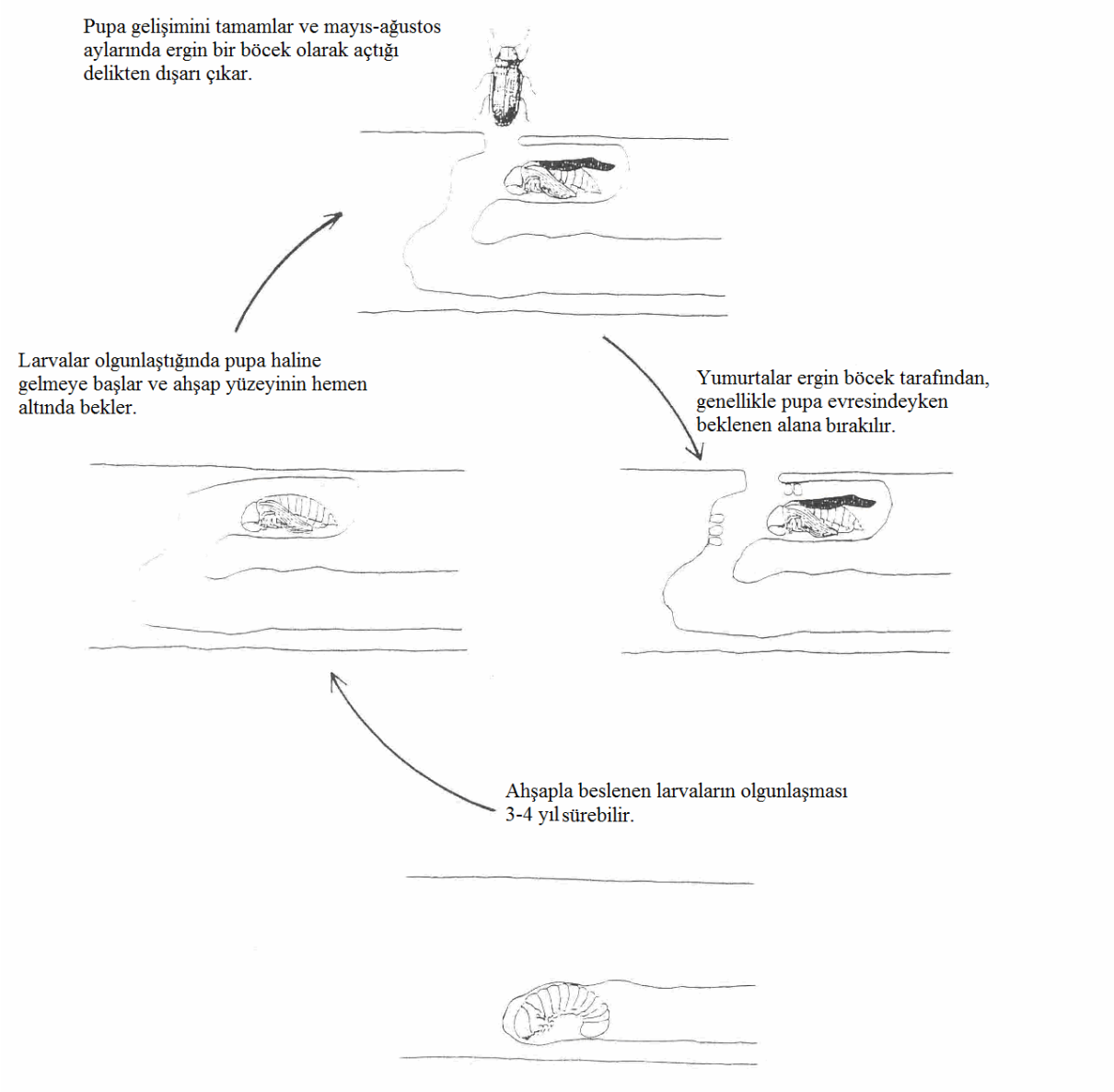
Anobium Punctatum larvalarının esas besin maddesi selülozdur. Gelişmeleri için az miktarda proteine ihtiyaçları vardır. Larvaların gelişmesinde optimum sıcaklık istekleri 22-23 °C dir. Ahşapta rutubet istekleri ise % 30'dur. Hava bağıl neminin azalması ile larvalarının gelişmesi hızlanmakta ve tahribat süresi uzamaktadır (Bozkurt vd, 1997).

Larvalar, ilkbaharda krizalitleşmekte, 6-8 haftalık krizalit devresinden sonra Mayıs-Ağustos ayları arasında böcekler çıkmaktadır. Böceklerin uçuş zamanları Haziran-Temmuz ayları arasındadır (Ridout, 2004).

Rosel (1952), sıcaklığı 27°C, nemi % 75-80 değerinde tutarak yaptığı deneyinde, böceklerin her yumurtlayışta ortalama 20.8 yumurta bıraktıklarını tespit etmiştir. Spiller (1948) ise, sıcaklığın 22,5°C olduğu laboratuar ortamında, nem değeri % 45 seviyesinin altına düştüğünde yumurta oluşmadığını belirlemiştir. Spiller'e göre yumurta sayısı ergin böceklerin büyüklüğü ile de ilgilidir. Örneğin, büyük dişi böceklerin bıraktığı yumurta sayısı daha fazla olmaktadır. Bletchley (1952) ise, sıcaklığı 22°C sabit tutup, nemi 40-56%RH arasında değiştirerek hazırladığı ortamda gerçekleştirdiği deney ile, *Anobium punctatum'*un düşük rutubetli ortamlarda da, daha az olmakla birlikte, yumurta bırakabileceğini tespit etmiştir.

Çizelge 5.2. *Anobium Punctatum*'da bir defada çıkan yumurta sayısı ve relativ nem değeri arasındaki ilişki (Bletchley, 1957; Rosel, 1952; Spiller, 1948; Siau, 1995)

Gözlenen sonuç	Havanın bağıl nemi (%)	Ahşabın rutubeti (%)
Normal yumurtlama değeri	> 56-65	> 10-12
Birkaç tane ya da hiç yumurta yok	< 40-45	< 8-9



Şekil 5.1. *Anobium Punctatum* Yaşam Döngüsü (Ridout, 2004)

Erginler genellikle geç ilkbahar ve erken yazda ortaya çıkarlar. Dişiler çiftleştikten sonra yumurtalarını odunların çatlak ve yarıkları, pürüzlü yüzeyler ve kendilerinin çıkış delikleri içine bırakırlar. Yumurtadan çıkan larvalar kısa bir süre etrafta dolaşıp uygun bir yer bulunca ahşabın içine girerler. Larvalar burada yiyim yaparlar. Ergin dişiler tarafından yumurtanın üzerine konulan bir madde nedeniyle ahşabın dokusunda ayrışmalar meydana gelir, hücre duvarları bozulur ve ahşapta parçalanmalar görülür (Şekil 5.1.).

Yapılan araştırmalar genel olarak, havanın bağıl neminin % 55-60, ahşabın rutubetinin % 10-12'nin üzerinde olması durumunda *Anobium punctatum* için uygun yaşam koşullarının gerçekleştiğini göstermektedir. Ahşabın rutubeti % 8-9'un, havanın bağıl neminin % 40-45 seviyesinin altına düşmesi halinde ise yumurta oluşmamakta ya da birkaç taneyle sınırlı kalmaktadır (Siau, 1995). Bu nedenle *Anobium punctatum*'a rutubetli mahzen, kiler, kilise ve müzelerde yani, orta derecede sıcaklıklarda ve rutubetli yerlerde rastlamak mümkündür. Yüksek yaz sıcaklıklarında çatılarda ve rutubet miktarı düşük olan yerlerdeki ahşap malzemede daha az rastlanmaktadır. Uzun süreli sıcak periyotlarda, merkezi ısıtma sistemi olan yerlerde *Anobium punctatum* tahribatı görülmemektedir (Bozkurt vd., 1993).

Meyer (1970), yaptığı deney ile daha elverişsiz koşullarda geçen larva süreci sonrası oluşan erişkin böceklerin daha küçük olduğu sonucuna varmıştır. Bu çalışmanın ardından yapılan bir çok araştırma da larva sürecinin daha elverişsiz koşullarda gerçekleşmesi durumunda *Anobium punctatum* populasyonunun gelişiminin yavaşladığı ve azaldığı konusunda hemfikirdir (Williams, 1983; Goulson vd, 1993).

Hansen ve Jensen (1999), *Anobium punctatum*'da üst sıcaklık sınırını araştırdıkları deneylerinde, nemi % 25-30 değerinde sabit tutarak ve sıcaklığı 45-54°C'ler arasında değiştirerek bir dizi deneme yapmıştır. Deney sonuçlarına göre, sıcaklık 52°C'nin üzerine çıktığında larvalar çok kısa süre içinde % 100 ölmektedir. 47-48°C sıcaklık uygulandığında ortalama 1-1,5 saat içinde larvalar % 100 oranında ölmüştür. 46°C sıcaklıkta ise larvaların tamamının ölmesi 2,5 saat sürmüştür. Sıcaklık 45°C'ye düşürüldüğünde larvaların tamamının ölmediği ve birkaç haftalık bir süre sonunda yeniden aktif olabildikleri gözlenmiştir. Hansen ve Jensen'e göre yumurtalar ve ergin safhadaki böcekler sıcaklığa karşı larvalardan daha hassastırlar. Bu nedenle sıcaklığa maruz kaldıklarında çok daha kısa sürede ölmektedirler.

Yumurtadan böceğe kadar olan gelişme süresi, genel olarak ortamın sıcaklığına ve nem oranına bağlı olmaktadır. Ancak bu süreçte beslenme de çok önemli rol oynamaktadır. Malzemenin besin değeri ise, ahşabın türüne ve yaşına göre değişmektedir. Larvaların eski malzemede çok geniş kanallar açmasının temel nedeni de beslenme ihtiyacı ve malzemedeki azot azlığıdır (Ridout, 2004).

Baker, *Anobium punctatum'*un beslenmesi ile ilgili olarak İskoç çamı üzerinde yaptığı araştırmasında, böcekler tarafından hazmedilen maddeleri ölçmüştür. Baker'a

göre, yenilen ahşabın % 7-8'i lignin, % 40'ı selüloz ve hemiselüloz, kalan kısmı ise çözünebilir proteinlerden ibarettir. Baker, aynı zamanda larvalar tarafından alınan azotun, larvanın gelişimi süresince aynı ahşap malzemeden 2-3 kez karşılanabildiğini saptamıştır. Bir başka deyişle aynı kanal içinde en fazla 2-3 kuşak larva yetişebilmektedir.

Larvaların gelişme süresi, normal koşullarda en az 2-3 yıl sürmektedir. Örneğin, gelişme süresi meşe diri odununda en az 2 yıl, iğne yapraklı ağaçlarda 4-8 yıl veya daha uzun olabilmektedir. İdeal laboratuar şartlarında yapılan ve yeterince kullanılabilir azotun bulunduğu araştırma ortamlarında ise, bu süre 6-12 aya kadar düşebilmektedir. Cymorek (1975), laboratuar ortamında yaptığı araştırmasında *Anobium punctatum*'u 8 ay içinde yetiştirebilmiştir. Aynı zamanda, laboratuar şartlarını uygun şekilde ayarlayarak *Anobium punctatum*'un yılda iki kez yumurtlamasını sağlamayı başarmıştır. Cymorek'in araştırmaları yapay ortamda böcek yetiştirmeye çalışan araştırmacılar için çok önemli bulgular ortaya koymuştur.

Çizelge 5.3. *Anobium Punctatum*'da larva gelişimi için ideal çevre koşulları (Becker, 1942; Ridout, 2004)

Sıcaklık (°C)	Havanın bağıl nemi (%)	Ahşabın rutubeti (%)
20-23	65-70	12-13.5

Wyatt ve çalışma arkadaşları, erkek böceklerin çiftleşme ve çoğalma eğilimlerini araştırdıkları deneylerinde, model böcekleri ahşap üzerindeki uçuş deliklerine bırakarak böceklerin davranışlarını gözlemlemişlerdir. Araştırmaya göre, model böcekleri görsel olarak algılayan erkek böceklerin uçuş hızları artmış ve modele doğru yönelmişlerdir (Wyatt vd, 1997).

Ahşap malzemede mantar oluşumunun bulunması, larvaların gelişimini artırmaktadır. Buna rağmen larva safhasını kısaltmamaktadır. Bletchley (1966), beyaz çürüklük mantarı ve *Anobium punctatum* arasındaki ilişkiyi araştırdığı çalışmasında, beyaz çürüklük mantarının *Anobium punctatum*'un gelişme oranını artırdığını ancak yaşam süresini azalttığını tespit etmiştir.

Stušek ve diğerleri A*nobium punctatum*, *Hylotrupes bajulus ve Reticulitermes lucifugu*'ın oksijen tüketimini bir başka deyişle oksijen ihtiyacını araştırmışlar ve bulguların türlerin teşhisinde ve korunma tedbirlerinde yararlı olacağını belirtmişlerdir. Bu araştırmaya göre, *Anobium punctatumun* oksijen ihtiyacı 3.9 ml/g h O_2 dır. Bu değer, bir yer altı termiti olan *Reticulitermes lucifugu*'dan (2-2.9 ml/g h O_2) daha fazla, *Hylotrupes bajulus'*dan (4.0 ml/g h O_2) ise daha düşüktür (Stušek vd, 2000).

Anobiidae familyası larvaları, iğne yapraklı ağaçlarda genellikle ilkbahar odunu tabakasını tahrip etmekte, bu durumda sert yaz odunu tabakası ince bir lamel halinde kalmaktadır. Larvalar 1-2 mm çapında düzensiz galeriler açarak ahşap malzemeyi tahrip etmektedirler. Tahribatları 2-4 yıl sürdüğü gibi, şartlar uygun değilse 10 yıla kadar da uzayabilmektedir (Bozkurt vd., 1993). Bu nedenle ahşap yapılarda *Anobium punctatum* zararına karşı çözümler üretmeye yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Cymorek ve Bauer (1964), İskoç çamı ve kayın numunelerin *Anobium punctatum* larvalarına karşı korunması konusunda yaptıkları araştırmada, örnekler üzerine *Anobium punctatum* larvaları yerleştirerek üç ay süre ile böceklerin gelişmesini sağlamışlardır. Böceklerin gelişmesinin ardından numuneleri yağlı emprenye maddesi ve suda çözünen emprenye maddesi ile emprenye etmişler ve iki ay boyunca düzenli olarak böceklerin ölüm oranlarını gözlemişlerdir. Araştırmaya göre yağlı emprenye maddesi daha etkili olmuş ve böceklerin ölümleri daha kısa sürede meydana gelmiştir.

Schulze ve Richly (1965), *Anobium punctatum'*un kontrolünde ahşap koruyucular ve etkileri üzerine yaptıkları araştırmada, bir dizi emprenye maddesini değişik konsantrasyonlarda uygulayarak denemişler, her birinin nüfuz derinliğini ve etkinliğini ölçmüşler ve her biri için veriler ortaya koymuşlardır.

Baker (1972), çeşitli kimyasal maddelerle bir dizi deney yaparak *Anobium punctatum* zararına karşı organik solventli bir madde olan dieldrinin etkinliğini ortaya koymuştur. Berry (1977) ise, *Anobium punctatum* mücadelesinde kullanılan dieldrin gibi toksik maddelere alternatif olarak, benzer koruma değerleri gösteren permetrini önermiştir.

Panagiotakopulu (2003), Mısır piramitlerinde tahribat yapan böceklerin kalıntılarından yola çıkarak, *Anobium punctatum*'u da kapsayan çeşitli böcek türlerinin davranış biçimlerini araştırmıştır. Piramitlerde yer alan lahitler, ahşap masklar ve benzeri antik eserler geçmişten bu yana böcek tahribatından zarar görmektedir. Bu

eserlerin korunması ve kalıntıların değerlendirilebilmesinde, böceklerin yaşam koşullarının ve davranış biçimlerinin anlaşılması önemli rol oynamaktadır. Panagiotakopulu'ya göre Piramitlerin yapımından bugüne kadar geçen binlerce yıllık zaman dilimi içinde böceklerin davranış biçimleri ve yarattıkları tahribat şekilleri arasında da farklılıklar meydana gelmiştir.

Gilfillan ve Gilbert (2001), *Anobium punctatum* tahribatına uğramış malzemede tahribatı durdurmanın ve böcekleri öldürmenin nispeten kolay olmasına karşın, kalan ahşabın kullanılabilirliğinin tespit edilmesinin güç olduğunu açıklamışlardır. Bu amaçla, sarıçam örnekleri üzerinde yaptıkları araştırmada, tahribattan sonra geriye kalan ahşabın kalitesinin ve kullanılabilirliğinin ölçülebilmesi için pull-out tekniğini önermişlerdir. Buna göre malzemeye bir nevi basınç uygulanmakta ve malzemenin basınca karşı koyma gücü ölçülmektedir.

5.3.3. Kullanılan Ağaç Türleri

Bu tezin deneysel çalışmalarında kullanılan çam ve meşe numuneler, Tekirdağ Ertuğrul Mahallesi, İskele Caddesi 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı eski yapı üzerinden alınmıştır. Yapının taşıyıcı elemanlarında meşe, cephe kaplamasında ise sarıçam kullanılmıştır.

5.3.3.1. Sarıçam

Ülkemizde en geniş yayılıma sahip ağaç cinsi çamdır (Resim 5.11.). 20-45 metreye kadar boylanabilen bu ağaçlar genellikle kışları ılıman, yazları sıcak ve kurak olan yerlerde yetişmektedir. Türkiye'deki toplam ormanlık alan içinde kapladıkları alan yüzdesi ise yaklaşık %30'dur (Aslan, 1994). Bu nedenle geleneksel ahşap yapılarda yaygın olarak kullanılmıştır.



Resim 5.11. (a) Çam kozalak, dal ve yaprağı (b) Çam odunu (www.ogm.gov.tr)

Göksel (1984) tarafından açıklandığı gibi, ülkemizde yetişen çam türlerinin başlıcaları; kızılçam, karaçam ve sarıçamdır. Bunlardan kızılçamın diri odunu kırmızımsı beyaz, öz odunu ise kırmızımsı kahverengindedir. Enine kesitte yaz odunu az bir yer kaplar. Reçine kanalları yıllık halkalar içerisinde dağınık noktalar şeklinde görülürler. Orta derecede yumuşak bir ağaç türü olan kızılçam, orta derecede eğilme ve şok mukavemetine sahiptir. İşlenmesi kolay ve tutkallanması iyidir. Kızılçam odunu inşaat malzemesi, ambalaj sandığı, tarım aletleri, ahşap tel direği, maden direği ve deniz taşıtlarının yapımında kullanılmaktadır.

Sarıçamın diri odunu ise geniş, sarımsı veya kırmızımsı kahverengindedir ve enine kesitte gövde yarıçapının yaklaşık üçte birini kaplar. Odunu homojendir. İlkbahar ve yaz odunu arasındaki sınır belirgindir. Öz odunu daha koyu renklidir. Odun boyuna kesitte ve teğet kesitte parlaktır. Sarıçam odunu reçine bakımından zengin, oldukça hafif ve yumuşaktır. Sarıçam, ahşap direk, yapı malzemesi, ambalaj sandığı, mobilya ve tarım aletleri yapımında, oyuncak, selüloz, kağıt ve lif levha yapımında kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

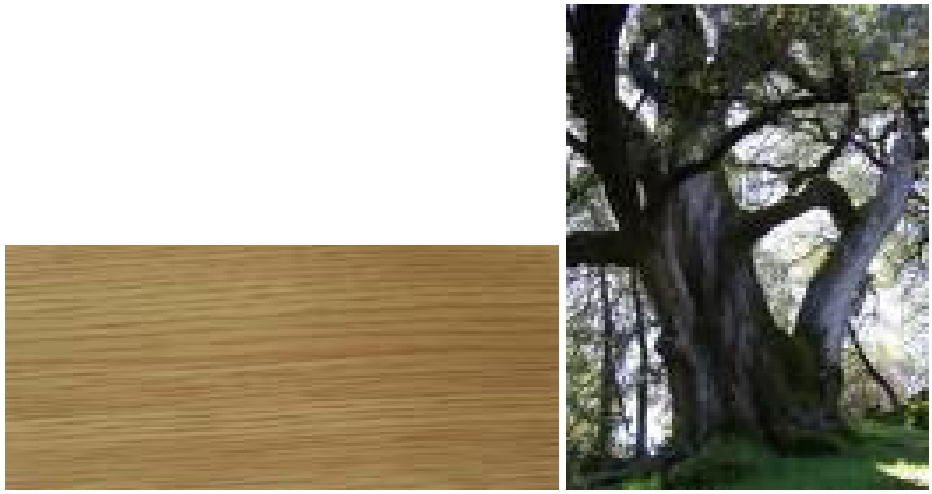
Karaçamın ise diri odunu sarımsı veya kırmızımsı beyazdır ve enine kesitte yarıçapın hemen hemen yarısını kaplamaktadır. Odunu sarıçama göre daha ağır ve mattır. Karaçamdan genel olarak inşaat kerestesi, maden direği, travers, gemi güverte döşemeleri, kağıt ve selüloz odunu, çıra ve kontrplak yapımında yararlanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Tekirdağ evlerinde çam, genellikle, dış cephe kaplamalarında ve dahili elemanlarda kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan sarıçam numuneler de Tekirdağ Ertuğrul Mahallesi, İskele Caddesi 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı eski yapının dış cephe kaplamaları üzerinden alınmıştır. Çam numunelerin hava kurusu ortalama özgül ağırlıkları 0,48 g/cm^{3}'tür. Bu değer hava kurusu (%12-15) rutubette yeni çam malzeme için; % 52-57 arasında değişmektedir (Aslan, 1994; Bozkurt ve Erdin, 1997).

5.3.3.2. Meşe

Meşeler çoğunlukla ağaç veya boylu çalı şeklindedir (Resim 5.12.). Kışın yaprağını döken ve daima yeşil olan türleri vardır. Ülkemizde çok geniş bir yayılıma sahip olan meşeleri odunlarının anatomik yapıları, kullanılış yerleri, meyvelerinin olgunlaşma süresi, yaprak ve kabuk özelliklerine göre üç gruba ayırmak mümkündür. Bunlar; akmeşeler, kırmızı meşeler ve herdem yeşil meşelerdir (Aslan, 1994).

Meşe odunu genel olarak sarımsı renktedir (Resim 5.10.). Yıllık halkaları belirgindir. Türlerine göre değişen sert ya da orta sert bir yapısı vardır. Yapısında bulunan tanen nedeniyle dış etkenlere ve böceklere karşı dayanıklıdır (Gürtekin ve Oğuz, 2002).



(a) (b)

Resim 5.12. (a) Meşe odunu (b) Meşe ağacı (www.ogm.gov.tr)

Meşeler kolaylıkla kök ve sürgün verdiklerinden, baltalık işletmesine uygundurlar. Dayanıklı bir tür olmasından dolayı yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kaplamacılık, gemi inşaatı, otomobil aksesuarı ve zirai alet yapımı, travers, parke ve mobilya yapımı gibi alanlarda kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Geniş bir yayılıma sahip olması ve ülkemizde yetişen kestaneden sonra en dayanıklı ağaç türlerinden biri olması nedeniyle meşe geleneksel ahşap yapılarda sıkça kullanılmıştır. Tekirdağ evlerinin taşıyıcı ahşap elemanlarında da genellikle meşe tercih edilmiştir. Tezin deneysel aşamasında kullanılan meşe numuneler Tekirdağ Ertuğrul Mahallesi, İskele Caddesi 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı eski yapının taşıyıcı elemanları üzerinden alınmıştır. Meşe numunelerin ortalama özgül ağırlıkları 0,82 g/cm^3'tür. Yapıda kullanılan meşe malzemenin öz odunu olması, numunelerin özgül ağırlığın yeni malzemelere kıyasla bile çok yüksek olmasını sağlamıştır. Yeni meşe odununun hava kurusu özgül ağırlığı 0,69 – 0,86 g/cm^3 arasında değişmektedir (Aslan, 1994; Bozkurt ve Erdin, 1997).

5.3.4. Deneyde Kullanılan Kimyasal Malzemeler

5.3.4.1. Suda çözünen emprenye maddesi: Adolit FPE 30

Adolit FPE 30, organik bileşenler içeren ve suyla inceltilerek kullanılan bir emprenye konsantresidir. Mantarlara, zararlı böceklere ve dış hava şartlarına karşı koruma sağlamaktadır. Adolit FPE 30; basınçlı tanklarla, sürme yoluyla, püskürtme veya daldırma yöntemiyle uygulanabilmektedir. Çok hızlı etki eden ve kuruyan bir maddedir. Emprenye işlemi sonrası malzemenin kurumasıyla beraber, sabitlenme olayı tamamlanmaktadır. Kimyasalın içeriğindeki etken maddeler, kimyasal formülleri ve oranları aşağıda belirtilmiştir (Remmers teknik föy, 2007):

4,90% N, N-Bis (3-aminopropyl) dodecylamin ($C_{15}H_{34}N_2$)

2,00% Propiconazol ($C_{15}H_{17}Cl_2N_3O_2$)

0,20% Etofenprox ($C_{25}H_{28}O_3$)

5.3.4.2. Organik solventli emprenye maddesi: Aidol Imprägniergrund GN

Aidol Imprägniergrund GN, solvent esaslı bir ahşap ön koruma ürünüdür. Renksizdir ve çabuk kurur. Böceklere ve çeşitli mantar türleri ile mavi çürüklüğe karşı ön koruma sağlar. Kurumadan sonra ahşap, metal, cam ve bitümlü malzemelerle temas ettirilebilir. Aidol Imprägniergrund GN sürme, püskürtme ve daldırma yöntemleriyle uygulanabilmektedir (Remmers teknik föy, 2007).

Aidol Imprägniergrund GN kuruduktan sonra üzerine vernik, boya gibi üst yüzey uygulamaları yapılabilir. Bunun için ortalama 20°C sıcaklıkta ve % 65 bağıl nem oranına sahip ortamda en az 12 saat beklenmesi gereklidir. Yüksek nem oranı ve düşük sıcaklıklarda bu süre uzamaktatır. Takip eden vernikleme veya boyama işlemi en az 24 saat sonra yapılmalıdır. Kimyasalın içeriğindeki etken maddeler, kimyasal formülleri ve oranları aşağıda belirtilmiştir (Remmers teknik föy, 2007):

3,00% Benzalkoniumchlorid ($C_{22}H_{40}ClN$)

0,90% Propiconazol ($C_{15}H_{17}Cl_2N_3O_2$)

0,30% 3-Jod-2- Propinylbutylcarbamat ($C_8H_{12}INO_2$)

0,02% Flufenoxuron ($C_{21}H_{11}ClF_6N_2O_3$)

6. DENEYLER ve SONUÇLAR

6.1. Deney Ortamının Hazırlanması

Deney numunelerinin kondisyonlanması, emprenye edilmesi, mekanik ve biyolojik deneylere hazırlanabilmesi için sıcaklığın ve nemin kontrol altında tutulabileceği deney ortamı gereklidir. Bunun için aşağıdaki koşulların sağlanabileceği ortam hazırlanmıştır:

- Kültür Bölümü: Hava sirkülâsyonlu, sıcaklığı 21±1 ºC'de ve bağıl nemi % 80±5'de tutulabilen.
- Kondisyonlama Bölümü: İyi havalandırılan, sıcaklığı 20±2 ºC'de bağıl nemi % 65±5'de tutulabilen.
- Laboratuar Çalışma Alan: İyi havalandırılan ve deney numunelerinin işleme tâbi tutulacağı alan.

6.2. Deney Malzemelerinin Hazırlanması

1- Biyolojik Malzeme:
Tekirdağ evlerinden toplanmış Anobium punctatum yumurtaları.

2- Ürünler ve Reaktifler:

- Parafin Vaks: Deney numunelerinin uç kısımlarını sızdırmaz hale getirmek için kullanılmak üzere, 52º-54 ºC'de katılaşan.
- Kek: Yiyecek saflığında karboksimetil selüloz.
- Ksilen: Teknik saflıkta, izomer karışımından oluşan.
- Saf su
- Emprenye maddelerinin konsantrasyonunu ayarlayabilmek için çözücü ya da seyreltici

- Süzgeç kâğıdı
- Yumuşak bez

3- Cihazlar:

- Deney kapları; koruyucu maddeler ile etkileşmeyecek, kapakları delikli cam kavanozlar.
- 0,0001 g hassasiyeti ile tartım yapabilen bir terazi (TS 6087 EN 49, 1998).

4- Emprenye Maddesi:

Suda çözünen emprenye maddesi olarak patenti Remmers firmasına ait olan Adolit FP 30 kullanılmıştır. Sıvı fazdaki kimyasalın etken maddeleri aşağıda belirtilmiştir:

4,90% N, N-Bis (3-aminopropyl) dodecylamin

2,00% Propiconazol

0,20% Etofenprox

Organik solventli emprenye maddesi olarak patenti Remmers firmasına ait olan Imprägniergrund GN kullanılmıştır. Sıvı fazdaki kimyasalın etken maddeleri aşağıda belirtilmiştir:

3,00% Benzalkoniumchlorid

0,90% Propiconazol

0,30% 3-Jod-2- propinylbutylcarbamat

0,02% Flufenoxuron

6.3. İşlem

6.3.1. Deney numunelerinin hazırlanması

Tekirdağ Ertuğrul Mahallesi, İskele Caddesi 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı eski yapıda dış cephe kaplaması olarak kullanılan çam malzemeden alınan numuneler 25x50x10 mm ebadında hazırlanırken, taşıyıcı eleman olarak

kullanılan meşe malzemeden alınan numuneler 25x50x20 mm olarak ebatlanmıştır. Cephe kaplaması olarak kullanılan ahşap elemanlar, 20 mm derinliğinde numune çıkarmak için uygun kalınlıkta olmadığından çam numunelerin kalınlığı 10 mm olarak alınmıştır. Bu nedenle çam ve meşe numuneler sadece kendi aralarında kıyaslanmıştır.

Ebatlanan numuneler, 2 hafta süre ile iyi havalandırılan, sıcaklığı 20±2 ºC'de, bağıl nemi % 65±5'de tutulan ortamda bekletilerek kondisyonlanmıştır.

6.3.2. Deney numunelerinin koruyucu işleme tâbi tutulması

Kondisyonlanan numuneler organik solventli ve suda çözünen iki tip emprenye maddesiyle emprenye edilmiştir. Numunlerin ve emprenye maddelerinin her biri için enjeksiyon ve fırçayla sürme olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır. Uygulama yöntemlerinin her birinde kullanılan emprenye maddesi miktarı ise standart olup 150 ml/m² dir.

Fırça yöntemiyle emprenyede, kimyasal madde ahşap numunelerin yüzeyine, emprenye maddesinden etkilenmeyen kıl fırça ile sürülmüştür. Kimyasalın daha iyi nüfuz edebilmesi için sürme işlemi iki kat halinde ve malzemeye yedirilerek uygulanmıştır (Resim 6.1).



Resim 6.1. Sürme yöntemi ile emprenye maddesinin uygulanması (Z. Bozkurt, 2007)

Enjeksiyonla emprenye işleminde, numunelerin her birine teğet yönde ikişer adet enjeksiyon deliği açılmıştır. Delikler, numune kalınlığının 1/10'u çapında ve kalınlığın 1/2'si derinliğindedir. Yapılarda dış cephe kaplama malzemesi olarak kullanılan 1 cm kalınlığındaki çam numunelerde delik çapları 1 mm, taşıyıcı malzeme olarak kullanılan meşe numunelerde ise 2 mm'dir. Açılan deliklere emprenye maddesi doldurulmuş (Resim 6.2.), kalan yüzeylere ise kimyasal fırça ile sürülmüştür (Resim 6.3).



Resim 6.2. Emprenye maddesinin açılan enjeksiyon deliklerine enjekte edilmesi (Z. Bozkurt, 2007)



Resim 6.3. Enjeksiyondan sonra yüzeye emprenye maddesinin sürülmesi (Z. Bozkurt, 2007)

6.3.3. Emprenye işleminden sonra numunelerinin kondisyonlanması ve kurutulması

Her bir koruyucu madde ve her bir yöntemle emprenye edilmiş deney numuneleri, kurutma kabı içinde ve iki cam çubuk üzerine (dar yüzeyleri üzerinde hareketsiz duracak ve birbirine dokunmayacak şekilde) yerleştirilmiştir. Ardından, kurutma kabının kapağı kapatılmıştır ve kurutma kabı kondisyonlama bölümüne yerleştirilmiştir. Kurutma periyodu boyunca, numuneler haftada iki kere ters yüz edilmiştir. İkinci hafta içinde kurutma kabının kapağı, her gün dereceli olarak açılmıştır.

6.4. Emprenye Edilen Numunelerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Emprenye işlemlerinin, test edilen numunelerin mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini ölçmek üzere, Türk Standartları Enstitüsü İnşaat Laboratuarında dayanıklılık testleri yapılmıştır. Fırça ve enjeksiyon yöntemleri ile suda çözünen ve organik solventli iki tip kimyasal kullanılarak emprenye edilen meşe ve çam numunelerin liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı (TS 2595), liflere dik doğrultuda basınç dayanımı (TS 2473), liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesi (TS 2475), liflere dik doğrultuda çekme gerilmesi (TS 2476) ve vida tutma direnci (TS EN 320) ölçülmüştür.

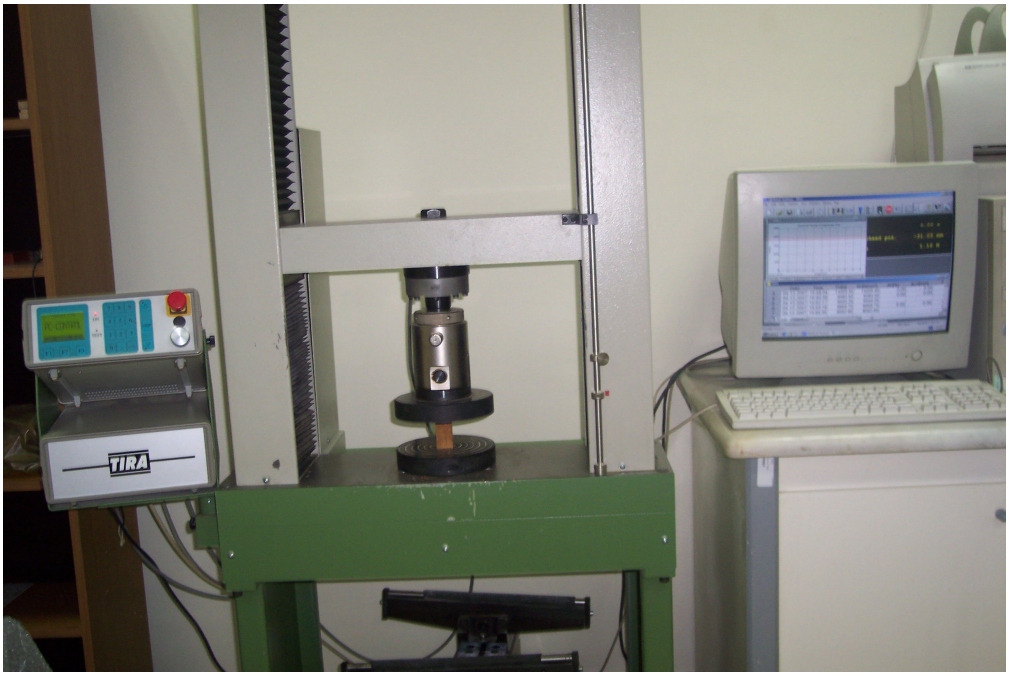
6.4.1 Emprenye işleminin numunelerin mekanik özellikleri üzerindeki etkisinin ölçülmesi

Kondisyonlama ve kurutma işleminin ardından, farklı şekillerde emprenye edilen numunelerin mekanik özelliklerindeki değişimin araştırılabilmesi için meşe ve çam numunelerin liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı (Resim 6.4.), liflere dik doğrultuda basınç dayanımı (Resim 6.5.), liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesi (Resim 6.6.), liflere dik doğrultuda çekme gerilmesi (Resim 6.7.) ve vida tutma direnci (Resim 6.8. ve Resim 6.9.) ölçülmüştür. Her farklı tip ve her bir test için beşerli

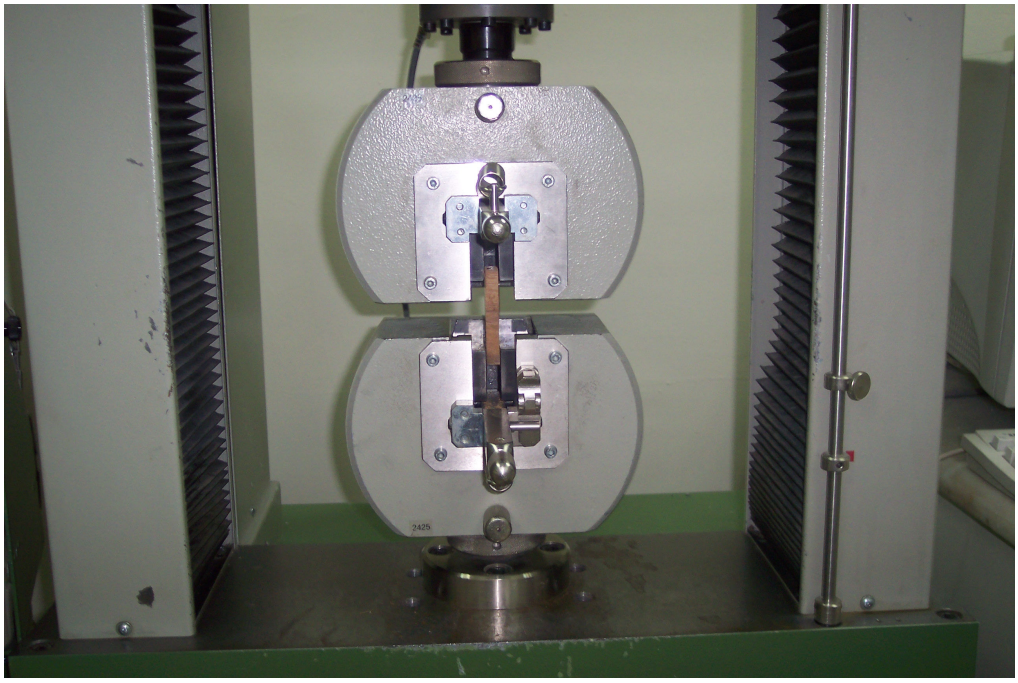
gruplardan oluşan numune setleri ve emprenye edilmemiş kontrol numuneleri hazırlanmıştır. Sözü edilen testler Türk Standartları Enstitüsü Merkez İnşaat Laboratuarı Ahşap Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir.



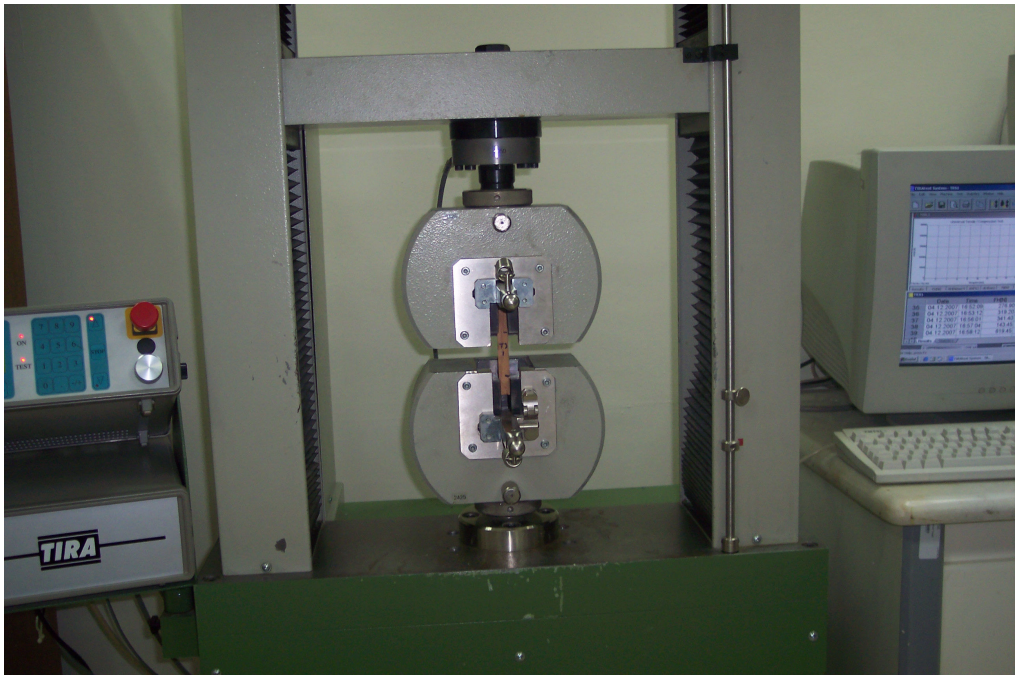
Resim 6.4. Liflere paralel yönde basınç dayanımının tayini
(TSE İnşaat Labarotuvarı, Ahşap Bölümü, Ankara, 2007)



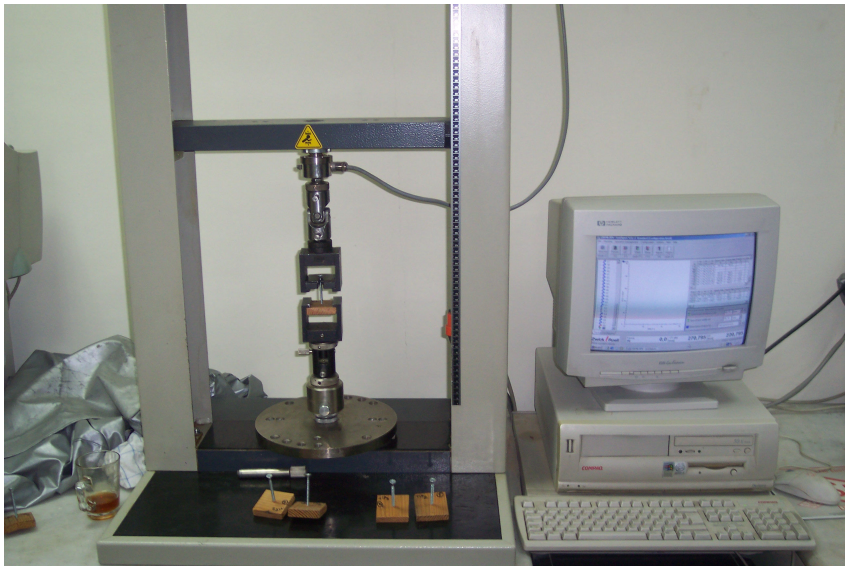
Resim 6.5. Liflere dik yönde basınç dayanımının tayini
(TSE İnşaat Labarotuvarı, Ahşap Bölümü, Ankara, 2007)



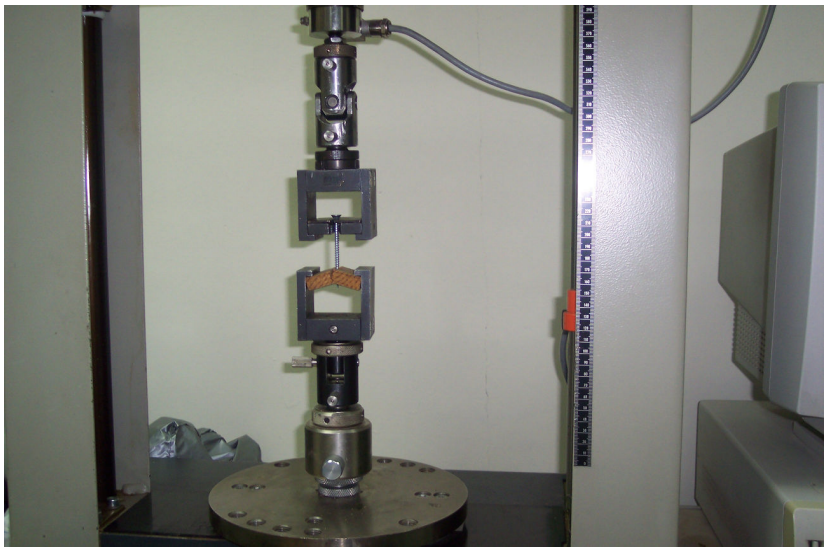
Resim 6.6. Liflere paralel yönde çekme gerilmesinin tayini
(TSE İnşaat Labarotuvarı, Ahşap Bölümü, Ankara, 2007)



Resim 6.7. Liflere dik yönde çekme gerilmesinin tayini
(TSE İnşaat Labarotuvarı, Ahşap Bölümü, Ankara, 2007)



Resim 6.8. Vida tutma direncinin tayini
(TSE İnşaat Labarotuvarı, Ahşap Bölümü, Ankara, 2007)



Resim 6.9. Vida tutma direncinin tayini
(TSE İnşaat Labarotuvarı, Ahşap Bölümü, Ankara)

Cephe kaplaması olarak kullanılan çam malzemeden alınan numunelerin bir bölümünden, ilk denemede sağlıklı ölçümler alınamamıştır. Bu durum, çam numunelerin meşeye kıyaslandığında daha yumuşak olması ve kalınlıklarının ince olması ile açıklanabilir. Ayrıca meşeyle kıyaslandığında daha geçirgen yapıya sahip olan çam numuneler, emprenye işlemi sırasında daha fazla nem artışına maruz kalmıştır. Yapılan ölçümler sonucu elde edilen sayısal veriler ve ortalamalar, aşağıda verilen çizelgelerde gösterilmiştir.

6.4.2. Numunelerin liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı tayini (TS 2595)

Çizelge 6.1. Numunelerin liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı ölçümleri

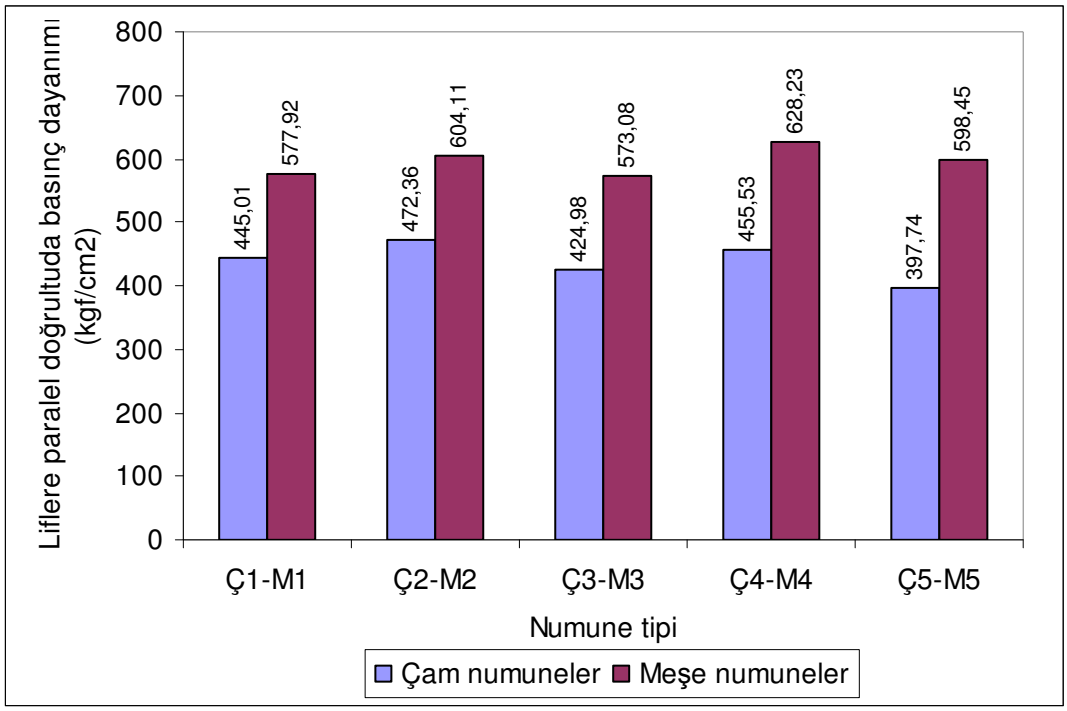
Numune Tipi	Numune boyutu	Maksimum kuvvet (N)	Basınç dayanımı (Kgf /cm^2) σ_W	Rutubet miktarı (%) W	Düzeltme faktörü sonrası basınç dayanımı (Kgf /cm^2) $\sigma_{12} = \sigma_W\ [1 + 0{,}05\ (W - 12)]$
TÇ1	50×25×10	15159,52	497,22	9,9	445,01
TÇ2	50×25×10	15610,17	516,24	10,3	472,36
TÇ3	50×25×10	14411,25	474,84	9,9	424,98
TÇ4	50×25×10	14866,78	497,84	10,3	455,53
TÇ5	50×25×10	14468,13	479,20	8,6	397,74
TM1	50×25×20	31662,03	602,00	11,2	577,92
TM2	50×25×20	33522,37	635,9	11,0	604,11
TM3	50×25×20	30750,68	590,8	11,3	573,08
TM4	50×25×20	33781,72	651,02	11,3	628,23
TM5	50×25×20	29073,53	629,94	11,0	598,45

Emprenye işlemi çam numunelerin liflere paralel doğrultudaki basınç direncini artırmıştır. Bu direnç artışı, her iki kimyasal için de sürme yönteminde daha fazla, enjeksiyon yönteminde ise daha az olmuştur.

Meşe numunelerde ise, enjeksiyon yöntemi ile yapılan emprenye işlemi sonrası numunelerin liflere paralel doğrultudaki basınç dayanımları azalmıştır. Bu azalma, suda çözünen emprenye maddesi için 20,53 kgf/cm^2 (%3,43), organik solventli emprenye maddesi için 25,37 kgf/cm^2 (%4,24)'dür. Fırça yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numunelerde direnç kaybı görülmemiş, liflere paralel basınç dayanımları yükselmiştir. Organik solventli emprenye maddesi ile işlem görmüş meşe numunelerde görülen direnç artışı, suda çözünen kimyasalla emprenye edilmiş numunelere göre daha fazladır (Grafik 6.1.).

Organik solventli ve suda çözünen emprenye maddeleri karşılaştırıldığında, numunelerin liflere paralel doğrultuda basınç dayanımları üzerindeki etkileri bakımından aralarında anlamlı bir fark görülmemektedir. Enjeksiyon yöntemi ve fırçayla sürme yöntemi kıyaslandığında ise, enjeksiyon yönteminin liflere paralel doğrultuda basınç dayanımını azaltıcı etkisi olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, enjeksiyon yöntemi ile yapılan uygulamalarda emprenye maddesinin absorbsiyon

miktarının daha fazla olması bu numunelerin biyolojik aktiviteye karşı direncini artırmaktadır.



Grafik 6.1. Liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı testi

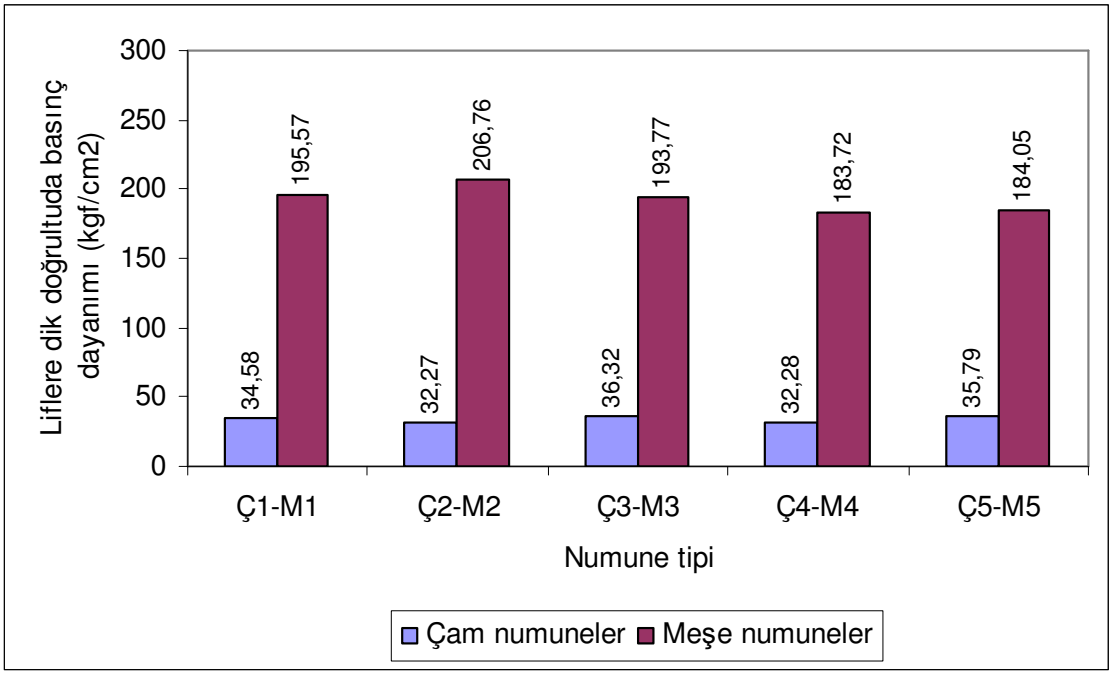
Ç1: Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak, enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç2: Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak, fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç3: Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak, enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç4: Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak, fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilen çam numuneler.
Ç5: Emprenye edilmemiş çam kontrol numuneleri.
M1: Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak, enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M2: Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M3: Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak, enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M4: Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M5: Emprenye edilmemiş meşe kontrol numuneleri

6.4.3. Numunelerin liflere dik doğrultuda basınç dayanımı tayini (TS 2473)

Yapılan ilk ölçümlerde; emprenye edilmiş çam numuneler, test sırasında uygulanan basınca direnç gösteremeyerek ezildiğinden, liflere dik doğrultuda basınç dayanımları ölçülememiştir. Aynı ebatlardaki çam numunelerden emprenye edilmemiş olan kontrol numuneleri test sırasında uygulanan basınca direnç gösterirken, her iki yöntemle ve kimyasalla emprenye edilmiş olanların direnç gösterememesi, emprenye işleminin çam numunelerin liflere dik doğrultuda uygulanan basınç dayanımını düşürdüğünü ortaya koymaktadır. Ancak, tüm değerlerin karşılaştırılabilmesi için bu değerlerin mutlaka bulunması gerektiğinden, ölçümler sonuç alınıncaya kadar tekrarlanmış ve aşağıdaki tabloda belirtilen değerler elde edilmiştir. Bu değerlere göre, çam numunelerin direnç özelliklerinde, organik solventli emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilen numuneler dışında, düşüş olduğu görülmüşür. Liflere dik doğrultuda basınç direncindeki düşme fırçayla sürme yönteminde suda çözünen emprenye maddesi için % 9,84, organik solventli emprenye maddesi için % 9,81'dir. Düşme miktarı, suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş numunelerde ihmal edilebilecek düzeydedir (% 3,83) (Grafik 6.2.).

Çizelge 6.2. Numunelerin liflere dik doğrultuda basınç dayanımı ölçümleri

Numune Tipi	Numune boyutu	Maksimum kuvvet (N)	Basınç dayanımı (Kgf /cm^2) σ_W	Rutubet miktarı (%) W	Düzeltme faktörü sonrası basınç dayanımı (Kgf /cm^2) $\sigma_{12} = \sigma_W\ [1 + 0{,}05\ (W - 12)]$
TÇ1	50×25×10	980,13	32,62	9,9	34,58
TÇ2	50×25×10	917,43	35,27	10,3	32,27
TÇ3	50×25×10	985,54	40,58	9,9	36.32
TÇ4	50×25×10	924,91	35,28	10,3	32,28
TÇ5	50×25×10	1061,36	41,18	8,6	35,79
TM1	50×25×20	8344,65	203,72	11,2	195,57
TM2	50×25×20	8577,97	217,64	11,0	206,76
TM3	50×25×20	8570,76	199,76	11,3	193,77
TM4	50×25×20	7631,68	190,38	11,3	183,72
TM5	50×25×20	8024,63	193,74	11,0	184,05



Grafik 6.2. Liflere dik doğrultuda basınç dayanımı testi

Ç1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilen çam numuneler.
Ç5: Emprenye edilmemiş çam kontrol numuneleri.
M1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M5: Emprenye edilmemiş meşe kontrol numuneleri

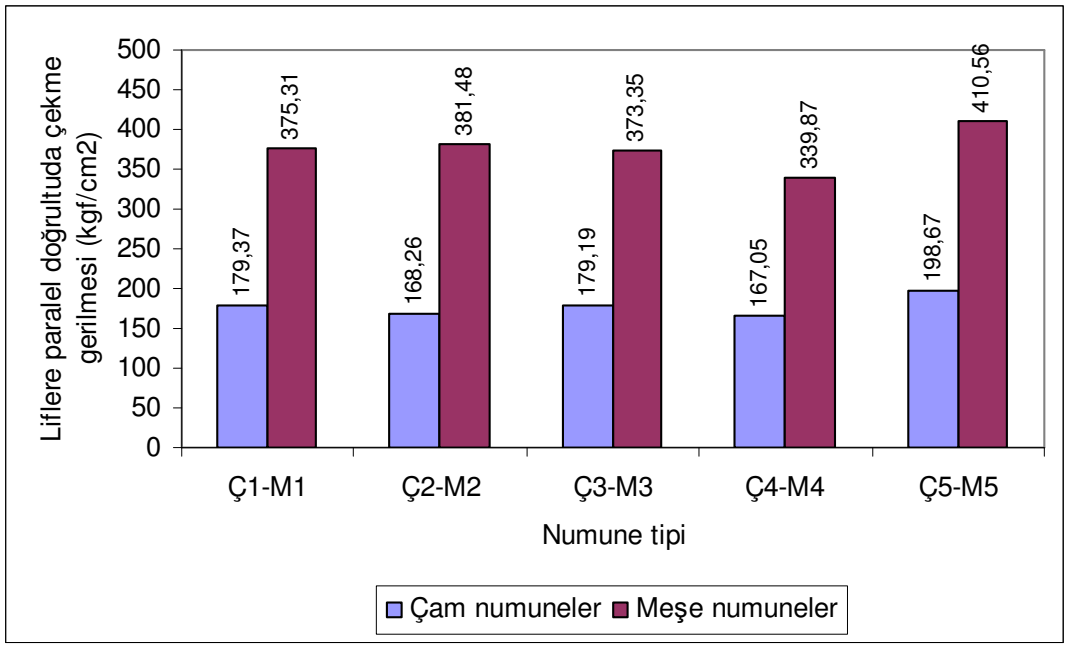
Meşe numunelerde ise, emprenye işlemi genel olarak numunelerin liflere dik doğrultuda basınç dayanımını artırmıştır. Suda çözünen emprenye maddesi ile emprenye edilen meşe numunelerde görülen direnç artışı, hem enjeksiyon hem de fırça yönteminde daha fazladır. Organik çözücülü emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemiyle emprenye edilen numunelerde ise % 0,18 oranında (0,33 kgf/cm^2) bir azalma meydana gelmiştir.

6.4.4. Numunelerin liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesi tayini (TS 2475)

Çizelge 6.3. Numunelerin liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesi ölçümleri

Numune tipi	Numune boyutu	Maksimum kuvvet (N)	Basınç dayanımı (Kgf /cm^2) σ_W	Rutubet miktarı (%) W	Düzeltme faktörü sonrası basınç dayanımı (Kgf /cm^2) $\sigma_{12} = \sigma_W\ [1 + 0{,}05\ (W - 12)]$
TÇ1	50×25×10	2363,13	191,43	9,9	179,37
TÇ2	50×25×10	2208,42	177,30	10,3	168,26
TÇ3	50×25×10	2174,01	191,23	9,9	179,19
TÇ4	50×25×10	2153,74	176,03	10,3	167,05
TÇ5	50×25×10	2745,33	221,24	8,6	198,67
TM1	50×25×20	7909,80	384,54	11,2	375,31
TM2	50×25×20	8340,53	393,28	11,0	381,48
TM3	50×25×20	7982,79	381,36	11,3	373,35
TM4	50×25×20	7089,25	347,16	11,3	339,87
TM5	50×25×20	8677,95	423,26	11,0	410,56

Liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesi testinde, ilk ölçümlerde emprenye edilmiş çam numunelerden sonuç alınamamıştır. Numunelerin direnç değerleri çok düşük olduğundan, deney sırasında kuvvet arttıkça numune tutma çeneleri numuneye gömülmüş ve maksimum kuvvet okunamamıştır. Kontrol numunelerinde ise, böyle bir problem yaşanmamıştır. Tüm değerlerin karşılaştırılabilmesi için, bu değerlerin mutlaka tespit edilmesi gerektiğinden, ölçümler bütün numunelerden sonuç alınıncaya kadar tekrarlanmış ve yukarıdaki tabloda belirtilen değerler elde edilmiştir. Buna göre, her iki yöntemle emprenye edilmiş çam numunelerin liflere paralel doğrultudaki çekme gerilmesi dayanımı, emprenye edilmemiş kontrol numunelerinden daha düşüktür. Direnç kaybı, enjeksiyon yönteminde daha az (TÇ1: % 9,71 – TÇ3: % 9,81), fırça yönteminde daha fazladır (TÇ2: % 15,31 – TÇ4: % 15,92). Çam numunelerde organik solventli ve suda çözünen emprenye maddelerinin liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesi üzerindeki etkisi arasında önemli bir farklılık yoktur (Grafik 6.3.).



Grafik 6.3. Liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesi testi

Ç1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilen çam numuneler.
Ç5: Emprenye edilmemiş çam kontrol numuneleri.
M1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M5: Emprenye edilmemiş meşe kontrol numuneleri

Emprenye işlemi, meşe numunelerde de liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesini direncini düşürmüştür. Liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesi aynı zamanda, meşe numunelerin emprenye sonrası direnç kaybettiği tek ölçümdür. Direnç değerlerindeki düşme, organik solventli emprenye maddesi ile işlem görmüş numunelerde, suda çözünen emprenye maddesiyle işlem görmüş numunelere göre daha fazladır (TM3: % 9,06 – TM4: % 17,42). Kullanılan iki kimyasal maddenin direnç özellikleri üzerindeki etkisi enjeksiyon yönteminde ihmal edilebilir boyutta olduğu halde, fırça yönteminde anlamlı boyuttadır. Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilen meşe numunelerde direnç kaybı 37,21 kgf/cm^2 seviyesindeyken, fırça yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numunelerde direnç kaybı 70,69 kgf/cm^2'dir.

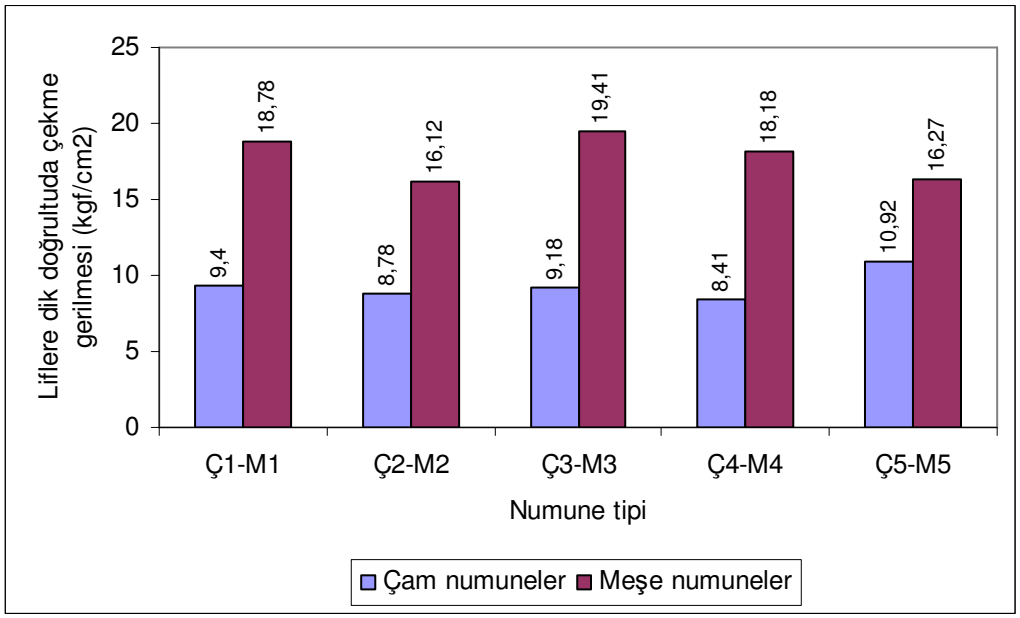
6.4.5. Numunelerin liflere dik doğrultuda çekme gerilmesi tayini (TS 2476)

Çizelge 6.4. Numunelerin liflere dik doğrultuda çekme gerilmesi ölçümleri

Numune tipi	Numune boyutu	Maksimum kuvvet (N)	Basınç dayanımı (Kgf /cm^2) σ_W	Rutubet miktarı (%) W	Düzeltme faktörü sonrası basınç dayanımı (Kgf /cm^2) $\sigma_{12} = \sigma_W\ [1 + 0{,}05\ (W - 12)]$
TÇ1	50×25×10	96,94	10,03	9,9	9,40
TÇ2	50×25×10	96,46	9,24	10,3	8,78
TÇ3	50×25×10	94,22	9,79	9,9	9,18
TÇ4	50×25×10	92,35	8,85	10,3	8,41
TÇ5	50×25×10	120,60	12,13	8,6	10,92
TM1	50×25×20	190,03	19,16	11,2	18,78
TM2	50×25×20	355,62	16,62	11,0	16,12
TM3	50×25×20	218,17	19,81	11,3	19,41
TM4	50×25×20	232,51	18,55	11,3	18,18
TM5	50×25×20	195,09	16,77	11,0	16,27

Çam numunelerde emprenye işlemi liflere dik doğrultuda uygulanan çekme gerilmesi dayanıklılığını da düşürmüştür. Emprenye edilmiş çam numunelerin ancak bir bölümünden ilk denemede sonuç alınabilmiştir. Yeterli sayıda veriye ulaşabilmek için ölçüm ikinci kez tekrarlanmıştır. Elde edilen verilere göre, tüm numune tipleri için, direnç kaybı ihmal edilemeyecek kadar büyük boyuttadır. Direnç kaybının en az olduğu suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş numunelerde bile direnç kaybı oranı % 13,92'dir. Çam numunelerde, emprenye işleminin liflere dik doğrultuda çekme gerilmesi üzerindeki etkisi, organik solventli ve suda çözünen kimyasallar için önemli bir farklılık göstermemiştir.

Emprenye işlemi, meşe numunelerin liflere dik doğrultuda çekme dirençlerini artırmıştır. Enjeksiyon yönteminde, fırça yöntemine oranla daha fazla direnç artışı görülmüştür. Organik solventli emprenye maddesi ile emprenye edilen meşe numunelerde de, direnç artışı suda çözünene emprenye maddesiyle emprenye edilen numunelere göre daha fazladır (Grafik 6.4.).



Grafik 6.4. Liflere dik doğrultuda çekme gerilmesi testi

Ç1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilen çam numuneler.
Ç5: Emprenye edilmemiş çam kontrol numuneleri.
M1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M5: Emprenye edilmemiş meşe kontrol numuneleri

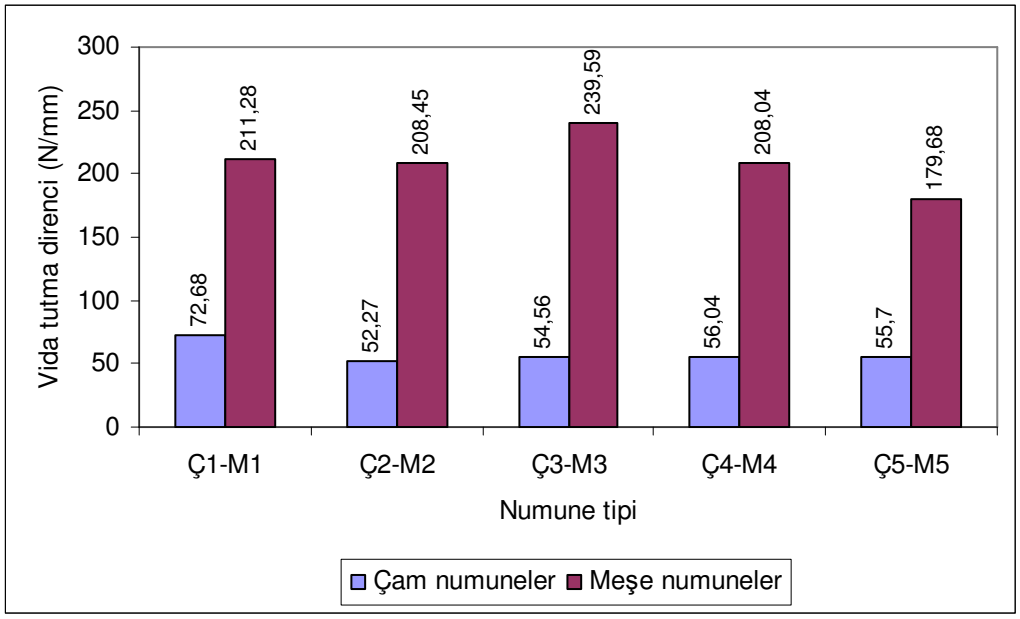
6.4.6. Numunelerin vida tutma direnci (TS EN 320)

Çizelge 6.5. Numunelerin vida tutma direnci ölçümleri

Numune tipi	Numune boyutu	Maksimum kuvvet (N)	Rutubet miktarı (%) W	Vida tutma mukavemeti (Maksimum kuvvet/kalınlık) (N/mm)
TÇ1	50×25×10	908,52	9,9	72,68
TÇ2	50×25×10	653,38	10,3	52,27
TÇ3	50×25×10	681,99	9,9	54,56
TÇ4	50×25×10	700,58	10,3	56,54
TÇ5	50×25×10	696,23	8,6	55,70
TM1	50×25×20	2641,02	11,2	211,28
TM2	50×25×20	2605,68	11,0	208,45
TM3	50×25×20	2994,83	11,3	239,59
TM4	50×25×20	2600,55	11,3	208,04
TM5	50×25×20	2246,03	11,0	179,68

Suda çözünen meprenye maddesinin fırçayla uygulanmış olduğu çam numuneler ve enjeksiyon yöntemiyle organik solventli emprenye maddesi uygulanmış çam numuneler dışında, tüm numunelerde emprenye işlemi sonrası vida tutma dirençleri artış göstermiştir. Direnç kaybı, fırça ve suda çözünen emprenye maddesiyle emprenye edilmiş çam numunelerde 3,43 N/mm, enjeksiyon yöntemi ve organik solventli emprenye maddesi ile emprenye edilmiş numunelerde 1,14 N/mm'dir (Grafik 6.5). Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilen çam numunelerde direnç kaybı (% 2,05) ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

Enjeksiyon yöntemi ile yapılan işlemlerde, numunelerin vida tutma direncindeki artış daha fazladır (Grafik 6.5.). Organik solventli ve suda çözünen emprenye maddelerinin, çam ve meşe numunelerin vida tutma direnci üzerindeki etkileri arasında ise anlamlı bir farklılık yoktur.



Grafik 6.5. Vida tutma direnci testi

Ç1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
Ç4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilen çam numuneler.
Ç5: Emprenye edilmemiş çam kontrol numuneleri.
M1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
M5: Emprenye edilmemiş meşe kontrol numuneleri

6.4.7. Mekanik testler sonunda elde edilen genel sonuçlar

Meşe numuneler, tüm testlerde çam numunelerden daha iyi performans göstermiştir. Meşenin özgül ağırlığı ve doğal dayanıklılığı daha yüksek olduğundan, bu beklenen bir sonuçtur.

Emprenye edilmiş çam numunelerde liflere dik basınç, liflere paralel çekme dayanımı ve liflere dik çekme dayanımı değerleri ilk denemede sağlıklı bir şekilde ölçülememiştir. Deney sırasında kuvvet arttıkça numune tutma çeneleri parçaya gömüldüğünden, maksimum kuvvet okunamamıştır. Bu nedenle gerekli verinin sağlanabilmesi için ölçümler farklı numunelerle tekrarlanmıştır. Emprenye edilmemiş çam kontrol numuneleri ise tüm ölçümlere ilk denemede cevap vermiştir.

Enjeksiyon yöntemi, meşe numunelerde liflere paralel basınç dayanımını anlamlı şekilde düşürmüştür. Diğer testlerde ise mekanik özellikleri olumsuz etkilememiştir. Her iki tür için yapılan ölçümlere bakıldığında, enjeksiyon yönteminin ekstra nem artışına da neden olmadığı saptanmıştır. Aynı zamanda, enjeksiyon yöntemi absorbsiyon miktarını artırmıştır. Emprenye işlemi basınç uygulamayan yöntemlerle gerçekleştirildiğinden, diğer yöntemlerde absorbsiyon miktarı daha düşüktür.

Emprenye işlemi; suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemiyle emprenye edilen çam numuneler ve organik solventli emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilen çam numuneler dışında, tüm numunelerin vida tutma direncini artırmıştır. Bu direnç artışı her iki ağaç türü için de en fazla enjeksiyon yönteminde gerçekleşmiştir.

Organik solventli emprenye maddesi, malzemede daha fazla nem artışına neden olmuştur. Bu sonuç, emprenye çözeltisinin akışkanlığının suda çözünen emprenye maddesine göre daha yüksek olmasına bağlanabilir.

Emprenye işlemi çam numunelerin mekanik özelliklerini (liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı değerleri ve yukarıda söz edilen vida tutma dirençleri hariç) olumsuz yönde etkilemiştir. Ayrıca mekanik özelliklerinde görülen direnç düşüşleri, yükselme oranlarıyla kıyaslandığında, daha büyük oranlarda gerçekleşmiştir. Buradan, kullanım yerinde uzun süre kullanıldıktan sonra eskimiş ve direnç kaybetmiş ahşap malzemede, emprenyenin olumlu sonuç doğurmayacağı sonucu çıkarılabilir. Çam doğal dayanıklılığı meşeden daha düşük olan bir tür olduğundan, aynı yapıda aynı tarihte

kullanılmaya başlanmış olmalarına rağmen daha fazla direnç kaybetmiştir. Zaten dirençsizleşmiş olan malzemenin emprenye edilmesi ise emprenye işleminin sağlam malzeme üzerinde yarattığı olumlu etkiyi sağlayamamıştır. Denemelerde kullanılan emprenye maddelerinin içinde bulunan Benzalkoniumchlorid ve Propiconazol gibi büyük molekül yapısına sahip tahrip edici maddeler, ahşap malzemenin içeriğinde bulunan yapısal polimerler üzerinde de tahrip edici etki yapmaktadır. Ayrıca emprenye işlemi sırasında nem artışı olmaktadır ve daha sonra malzeme kurutulmuş olsa da bu nem alışverişi numunelerin direnç kaybetmesine neden olabilmektedir.

Meşe numunelerde ise emprenye işlemi genel olarak malzemenin mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilememiştir. Doğal dayanıklılığı daha yüksek olan meşe, bu özelliğinden dolayı yapıda taşıyıcı elemanlarda kullanılmıştır. Yapıda meşe diri odunu değil, öz odununun tercih edilmiş olması, meşe numunelerin direnç özelliklerinin bugün bile çok iyi durumda olmasını sağlamıştır. Yapıda kullanılan meşe malzemenin özgül ağırlık değeri bugün kullanılan bir çok yeni malzemeden daha yüksektir. Bu nedenle, emprenye işlemi sonrası mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilenmemiştir.

Bütün bu verilerden yola çıkarak, yerinde uygulanan emprenye işlemlerinin eski yapılarda kullanılan bütün ahşap malzemeler için aynı etkiyi göstermeyeceği sonucunu çıkarmak mümkündür. Kullanım yerinde hala dirençli olan malzeme üzerinde olumlu sonuçlar verirken, doku kaybı ve kılcal çatlaklar gibi sorunları olan ahşap malzeme üzerinde olumsuz sonuç vermektedir. Henüz direncini kaybetmemiş olan ahşap malzeme üzerinde, emprenye maddelerinin içeriğinde bulunan bağ kırıcı maddelerin yaptığı etki ya da nem alışverişinin neden olacağı etki tahrip edici olmamaktadır. Yıpranmış malzmelerde ise emprenyenin olumsuz etkileri ihmal edilemeyecek kadar büyük omaktadır.

6.5. Numunelerin Emprenye Maddesi Absorbsiyon Miktarlarının Hesaplanması

Yerinde yapılan emprenye işlemlerinde, kimyasal maddelerin ahşap malzemenin derinliklerine nüfuz etmesini sağlayan herhangi bir basınç uygulanmadığından, absorbe edilen kimyasal miktarı basınç uygulayan yöntemlere göre daha düşük olmaktadır. Daha

çok yüzeyde ve yüzeye yakın katmanlarda bulunan kimyasal maddelerin miktarı, eskime sonrası daha da azalma olasılığı ile karşı karşıyadır. Bu durum, genellikle emprenye işleminin belirli aralıklarla tekrarlanmasını gerektirmektedir. Mekanik testlerin sonucunda değinildiği gibi, eski ve yıpranmış malzeme üzerine uygulandığında tahrip edici olabilen emprenye işlemlerinin tekrarlanması, malzemenin dayanıklılığının her seferinde biraz daha azalması anlamına da gelmektedir. Eskidikten sonra numune içinde kalan kimyasal madde oranının çok düşük olması durumunda, malzeme yeterince korunamayacaktır. Bu nedenle belirlenen yöntem ve maddelerle emprenye edilen ve Bölüm 6.6.1.'de açıklandığı şekilde TS 6193 EN 94'e göre eskitilen deney numunelerinin her biri, başlangıç değerine kadar kurutulduktan sonra yeniden tartılarak işlem sonrası ağırlıkları belirlenmiştir. Tartım işlemi 0,0001 hassasiyetinde ölçüm yapan hassas terazi ile gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonrası her bir numune seti için ağırlık ortalamaları alınmış ve Usta (2008) tarafından açıklanan hesaplama tekniğine göre aşağıdaki bağıntı kullanılarak ortalama absorbsiyon miktarları hesaplanmıştır:

$A_v = (W_2 - W_1) / V$

A_v : İşlem sonrası malzeme tarafından absorbe edilmiş kimyasal miktarı

W_2 : Emprenye işlemi sonrası numune ağırlığı

W_1 : Emprenye işlemi öncesi numune ağırlığı

V : Numune hacmi

6.5.1. Eskitmeden önce hesaplanan emprenye maddesi absorbsiyon miktarları

Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler ($Ç_1$) için absorbsiyon miktarı :

$A_vÇ_1 = (9,9168 - 6,9405) / 12,5 = 0,2381$ g/cm^3

Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler ($Ç_2$) için absorbsiyon miktarı:

$A_vÇ_2 = (9,4261 - 6,9405) / 12,5 = 0,1989$ g/cm^3

Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilen çam numuneler (Ç3) için absobsiyon miktarı:

$A_vÇ_3 = (9, 9826 – 6,9405) / 12,5 = 0,2434$ g/cm^3

Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler (Ç4) için absorbsiyon miktarı:

$A_vÇ_4 = (9,4090 – 6,9405) / 12,5 = 0,1975$ g/cm^3

Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler (M1) için absorbsiyon miktarı:

$A_vM_1 = (26,9628 – 22,3110) / 25 = 0,1861$ g/cm^3

Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemi ile emprenye edilmiş meşe numuneler (M2) için absorbsiyon miktarı:

$A_vM_2 = (26,1275 – 22,3110) / 25 = 0,1527$ g/cm^3

Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler (M3) için absorbsiyon miktarı:

$A_vM_3 = (27,1874 – 22,3110) / 25 = 0,1951$ g/cm^3

Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler (M4) için absorbsiyon miktarı:

$A_vM_4 = (26,4795 – 22,3110) / 25 = 0,1667$ g/cm^3

6.5.2. Eskitmeden sonra hesaplanan emprenye maddesi absorbsiyon miktarları

Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler (Ç1) için absorbsiyon miktarı :

$A_vÇ_1 = (7,6580 – 6,9405) / 12,5 = 0,0574$ g/cm^3

Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler (Ç2) için absorbsiyon miktarı:

$A_vÇ_2 = (7,1946 – 6,9405) / 12,5 = 0,0203$ g/cm^3

Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilen çam numuneler (Ç3) için absobsiyon miktarı:

$A_vÇ_3 = (7, 8265 – 6,9405) / 12,5 = 0,0710$ g/cm^3

Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler (Ç4) için absorbsiyon miktarı:

$A_vÇ4 = (7,4791 – 6,9405) / 12,5 = 0,0431$ g/cm^3

Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler (M1) için absorbsiyon miktarı:

$A_vM_1 = (23,8168 – 22,3110) / 25 = 0,0602$ g/cm^3

Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemi ile emprenye edilmiş meşe numuneler (M2) için absorbsiyon miktarı:

$A_vM_2 = (23,7588 – 22,3110) / 25 = 0,0579$ g/cm^3

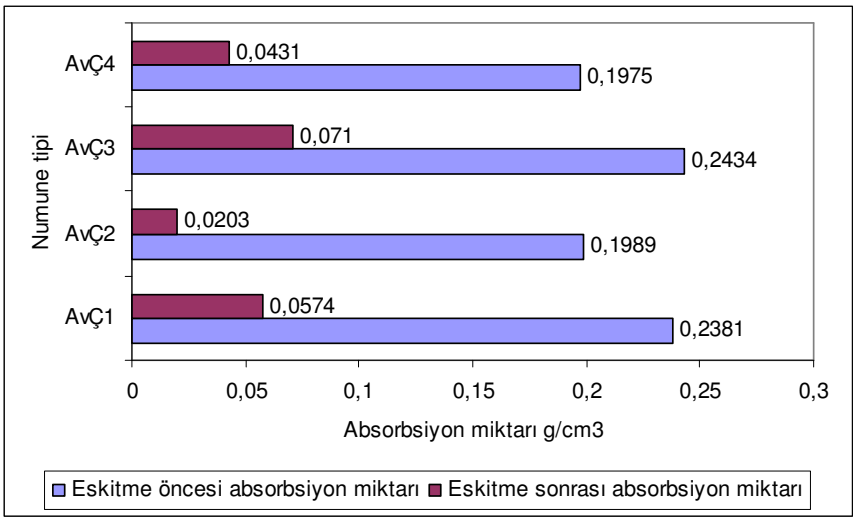
Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler (M3) için absorbsiyon miktarı:

$A_vM_3 = (24,2879 – 22,3110) / 25 = 0,0791$ g/cm^3

Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler (M4) için absorbsiyon miktarı:

$A_vM_4 = (23,7759 – 22,3110) / 25 = 0,0586$ g/cm^3

Farklı yöntemlerle emprenye edilmiş çam ve meşe numunelerin hesaplanan absorbsiyon değerleri, Grafik 6.6. ve Grafik 6.7.'de gösterilmiştir. Çam ve meşe numuneler özdeş olmadığından, absorbsiyon miktarlarının her ağaç tipi için kendi aralarında karşılaştırılması daha anlamlı olacaktır.



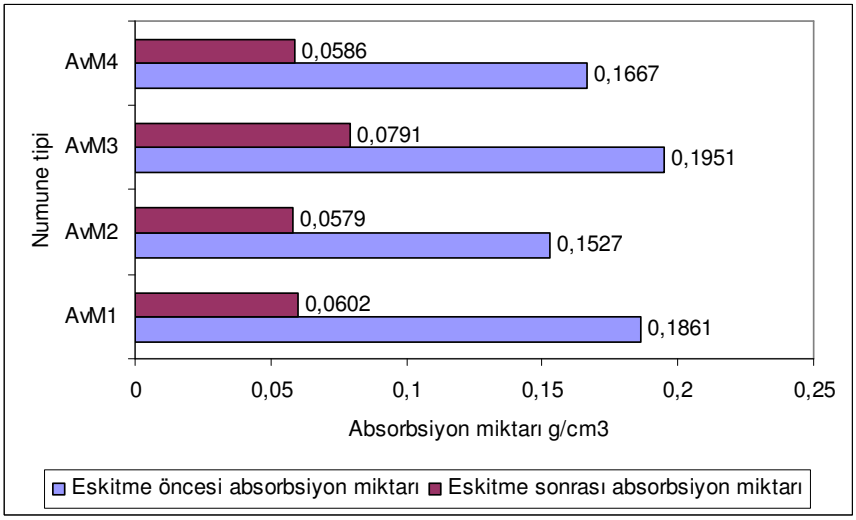
Grafik 6.6.Çam numuneler için eskitme öncesi ve sonrası absorbsiyon miktarları

AvÇ1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilen çam numunelerdeki absorbsiyon miktarı.

AvÇ2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça yöntemiyle emprenye edilen çam numunelerdeki absorbsiyon miktarı.

AvÇ3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilen çam numunelerdeki absorbsiyon miktarı.

AvÇ4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça yöntemiyle emprenye edilen çam numunelerdeki absorbsiyon miktarı



Grafik 6.7. Meşe numuneler için eskitme öncesi ve sonrası absorbsiyon miktarları

AvM1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilen meşe numunelerdeki absorbsiyon miktarı.

AvM2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça yöntemiyle emprenye edilen meşe numunelerdeki absorbsiyon miktarı.

AvM3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilen meşe numunelerdeki absorbsiyon miktarı.

AvM4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça yöntemiyle emprenye edilen meşe numunelerdeki absorbsiyon miktarı

Absorbsiyon miktarı, enjeksiyon yöntemi ile emprenye edilen çam ve meşe numunelerde anlamlı şekilde daha fazladır. Organik solventli ve suda çözünen emprenye maddeleri ile emprenye edilmiş numuneler karşılaştırıldığında ise absorbsiyon miktarları bakımından anlamlı bir farklılık görülmemektedir (Grafik 6.7.).

Çam numunelerde absorbsiyon miktarı, meşe numunelere göre, emprenye sonrası daha yüksek seviyedeyken, eskitme sonrası daha düşüktür. Gözenekli ve daha geçirgen yapılarından dolayı, çam numunelerin emprenye maddesini absorbe etme yeteneği daha fazladır. Fakat eskitme işlemi sonrası aynı özelliklerinden dolayı çam numuneler emdikleri kimyasal maddeyi daha kolay atmışlardır. Bir başka deyişle aynı özelliklerinden dolayı eskimeye daha eğilimlidirler ve başlangıçta daha fazla kimyasal absorbe etmiş bile olsalar, eskitme işlemi sonrası bünyelerinde kalan kimyasal miktarı meşe numunelerden daha az olmuştur. Bu fark, daha yüzeysel bir yöntem olan fırça ile sürme yönteminde daha belirgindir. Fırça yöntemine göre, kimyasalın daha fazla derine nüfuz etmesini sağlayan enjeksiyon yönteminde ise meşe numunelerle arasındaki fark çok düşüktür.

Ölçüm sonuçlarına göre, eskitme işlemi sonrası numune üzerinde kalan kimyasal madde miktarı absorbsiyon oranının en yüksek olduğu numunelerde bile 0,0791 g/cm^3'ü geçmemektedir. Hem çam numunelerde hem de meşe numunelerde, eskitme işlemi sonrasında malzemede kalan kimyasal miktarı çok düşüktür. Başlangıçtaki absorbsiyon miktarları iyi olsa bile, eskitmeden sonra bu denli düşüş olması, eski yapılarda yerinde uygulanan yöntemlerle gerçekleştirilen emprenye işlemlerinin ancak kısa süreliğine koruyucu olabileceğini göstermektedir. Koruyuculuğun devamlı olması için emprenye işleminin belirli aralıklarla yenilenmesi gereklidir. Özellikle doğrudan suya maruz kalan dış cephe kaplamalarında eskime daha hızlı olacağından, yılda bir defa ya da iki yılda bir defa gibi belirli aralıklarla emprenye uygulanması gerekecektir. Sık tekrarlanan emprenye uygulamasının eski malzemenin mekanik özellikleri üzerindeki etkisi ise bir önceki bölümde açıklandığı gibi olumsuzdur.

Suda çözünen emprenye maddesi ile emprenye edilen numunelerin absorbsiyon miktarları eskitme sonrasında daha fazla düşüş göstermiştir. Eskitme işlemi TS 6193 EN 94'de belirtildiği gibi, ahşap koruyucuların biyolojik etkisinin tayin edilmesi için kullanılan ahşap deney numunelerinin yıkanması metoduna göre yapıldığından, suda çözünen emprenye maddesi eskitme sonrası malzemeden daha kolay uzaklaşmıştır.

6.6. Biyolojik Deneyler

Emprenye işlemlerinin biyolojik zararlılar üzerindeki etkinliğini ölçmek amacıyla, numunelere biyolojik deneyler uygulanmıştır. Belirlenen yöntem ve maddelerle emprenye edilen numuneler, biyolojik aktiviteye maruz bırakılmıştır. Deney sonrası, her bir numunenin biyolojik aktivite karşısındaki durumu incelenmiştir.

Biyolojik testler için iki farklı deneme yapılmıştır. Birinci denemede numuneler, böceklerin ideal yaşam koşullarının sağlandığı kontrollü deney ortamında böcek yumurtalarına maruz bırakılmıştır. Birinci denemenin sonunda yeterli veri sağlanamadığından, biyolojik testlerin farklı bir yöntemle yeniden tekrarlanması gerekmiştir. İkinci denemede ise numuneler, kontrollü ortam yerine biyolojik aktivitenin doğal olarak bulunduğu eski yapıya bırakılarak, açık alan testlerine tabi tutulmuştur.

Biyolojik testlerde kullanılan numuneler, her iki deneme için de aynı yol izlenerek, Çizelge 5.1.'de belirtilen plana göre hazırlanmıştır. Emprenye işleminin ardından numuneler eskitilmiştir. Yerinde uygulanan emprenye işlemlerinde kimyasalların koruyucu etkisi kalıcılığına bağlıdır. Çünkü ahşap yapılarda, özellikle dış cephe kaplamaları ile çatı, zemin gibi daha fazla risk altında olan kısımlar, yağmur ve diğer nem sorunlarından kaynaklanan hızlı bir eskime sürecine maruz kalmaktadır. Bu nedenle, kimyasalın sürüldüğü andaki değil, belirli bir süre sonraki koruyucu etkisinin ölçülmesi daha anlamlıdır.

6.6.1. Numunelerin eskitilmesi

Biyolojik deneylere başlanmadan önce, numuneler TS 6193 EN 94'e göre eskitilmiştir. TS 6193 EN 94, ahşap koruyucuların biyolojik etkisinin tayin edilmesi için hazırlanan ahşap deney numunelerinin yıkanması metodunu anlatmaktadır ve aşağıdaki durumlarda kullanılmaktadır:

a) Biyolojik deneylerde kullanılacak olan deney numunelerinin ön şartlandırılmasında kullanılır.

b) Herhangi bir yıkanma işleminden geçirilmeyen deney numuneleriyle, yıkandıktan sonra biyolojik deneylere tabi tutulan deney numunelerinin karşılaştırılarak emprenye edilmiş ahşaptaki koruyucu maddelerin zamanla etki değerlerindeki azalmayı tespit etmek için kullanılır.

Eskitme metodunda temel prensip; biyolojik deneyler için hazırlanmış ve emprenye edilmiş olan deney numunelerinin belirlenen bir süre su içerisine daldırılması, suyun vakum ve normal basınç altında uzaklaştırılması ve bunu takiben numunelerin mantar veya böceklere karşı kullanılması karşısındaki etkinliğinin uygun standard metotlarla gösterilmesidir.

1- Malzeme ve cihazlar:

Malzeme:

- Su; EN ISO 3696'daki 3. Sertlik derecesine uygun özellikte.

Cihazlar:

- Klima odası veya deney numunelerinin şartlandırılması için sıcaklığı 20 ± 2 ºC olan ve % 65 ±% 5 rutubete sahip ortam.

- Deney sırasında koruyucu madde ile reaksiyona girmeyen (özellikle organik çözücü esaslı emprenye maddelerinden etkilenmeyen), uygun tip ve büyüklükte cam deney kapları.

- Deney numunelerinin ve belirtilen miktarda suyun birlikte sığabileceği kapasitede deney kapları.

- Vakum desikatörü,

- Vakum pompası; vakum göstergeli ve 40 mbar basıncı devamlı olarak sağlayacak nitelikte.

- Ağırlık; deney numunelerini su altında tutmak için kullanılan ve kimyasal maddelerden etkilenmeyecek tipte.

- Genel lâboratuvar cihazları

2- Su ile yıkama işlemi:

Deney numuneleri, deney kapları içerisine yerleştirilmiştir. Farklı ağaç türleri ve farklı emprenye maddesi çözeltisi kullanılarak emprenye edilmiş numuneler için ayrı kaplar kullanılmıştır.

Numunelerin üzerine suda yüzmelerini engellemek üzere ağırlıklar konulmuştur. Kaplara numuneleri örtecek ve suyun nüfuz işlemi süresince örtülü bırakacak kadar damıtık su konulmuştur. Deney kapları vakum desikatörüne yerleştirilmiş; vakum 40 mbar seviyesine indirilmiş ve 20 dakika bekletildikten sonra, vakum yavaşça azaltılmıştır.

Deney numuneleri deney kapları içerisinde 2'şer saat bırakılmıştır. Ardından deney kaplarındaki su boşaltılmıştır.

3- Suya daldırma işlemi:

Deney kapları tekrar belli oranlarda taze su ile doldurulmuştur. Bu oran yaklaşık olarak 1 hacim ahşaba karşılık 5 hacim sudur (50 mm x 25 mm x 10 mm ölçülerindeki her deney numunesi için 100 ml su). Deney numuneleri, klima odasında belirtilen sıcaklıktaki su içerisinde, 14 gün bekletilmiştir. Su bu süre içerisinde dokuz defa değiştirilmiştir. Su, TS 6193 EN 94'de belirtildiği gibi 1. ve 2. günün sonunda bir kez değiştirilmiştir. Daha sonra her bir değiştirme arasındaki süre en az 1 gün, en fazla 3 gün olacak şekilde, su 12 gün içerisinde 7 kez değiştirilmiştir.

4- Kurutma:

Deney numuneleri, klima odasında dar kenarları üzerinde (emici olmayan ve kimyasal etkisi bulunmayan bir yüzey üzerine), birbirine temas etmeyecek ve aralarındaki mesafe en az 10 mm olacak şekilde dizilmiştir. Numuneler, bu durumda 2 hafta süre ile kütlesi değişmeyinceye kadar (bir başka deyişle biribirini izleyen 24 saat ara ile yapılan tartıların sonundaki kütlesi ±0,1 gram farklı oluncaya kadar) kurumaya bırakılmıştır.

5- Yıkama işleminin ardından deney numunelerinin değerlendirilmesi:

Eskitme işleminin ardından, numuneler tek tek muayene edilerek biyolojik deneylerde kullanılması uygun olmayan deney numuneleri elenmiştir.

6.6.2. Kontrollü ortamda gerçekleştirilen biyolojik deneyler için numunelerinin böcek yumurtalarına maruz bırakılması

70º - 90 ºC'de tek fırçalık kaplama şeklinde uygulanarak, her bir deney numunesinin enine kesitleri parafin vaks ile kaplanmış ve 24 saat süre ile kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra numunelerin büyük yüzeylerinin her birine, yaklaşık 45 x 20 mm boyutlarında yumuşak bir bez parçası tutturularak yumurta bırakma bölgeleri hazırlanmıştır. Bezi tutturmak ve gözenek açıklıklarının bozulmamasını sağlayacak şekilde düzgünleştirmek için kek (karboksimetil selüloz) kullanılmıştır.

Yumurta bırakılması için, yerleştirilmeden hemen önce, numunelerin tamamı 1 hafta süre ile kondisyonlama bölümünde kondisyonlanmıştır. Numunelerin her biri, deney kaplarının birisine yerleştirilmiştir. Her bir numune üzerine 20 adet yumurta konulmuş ve deney kapları disk şeklindeki süzgeç kâğıdı ile kapatılmıştır. Deney kapları birbirleri ile temas etmeyecek şekilde kapalı durumda muhafaza edilmiştir.

6.6.3. Kontrollü ortamda gerçekleştirilen deney şartları ve süresi

Yumurtalar ve deney numunelerinin bulunduğu kaplar, deney bölümüne 24 Eylül 2007 - 5 Ekim 2007 tarihleri arasında yerleştirilmiştir. Numuneler günlük aralıklarla kontrol edilmiştir. 26 hafta süreyle numuneler sıcaklığın 21±1 ºC'de ve bağıl nemin % 80±5'de tutulduğu ortamında bekletilmiştir. 25 Şubat 2008 – 7 Mart 2008 tarihleri arasında numuneler deney ortamına yerleştirildiği sıraya göre açılmıştır.

6.6.4. Kontrollü ortamda gerçekleştirilen biyolojik testlerin sonunda elde edilen bulgular

Bir önceki başlıkta belirtilmiş olan sürenin sonunda, 25 Şubat 2008 - 7 Mart 2008 tarihlerinde deney kapları kademeli olarak açılmıştır. Her bir deney kabında bulunan numune muayene edilmiştir. Deney sonunda kontrol numunelerinde de yeterli sayıda böcek çıkmadığından, TS 7661 EN 48'e göre biyolojik deneyler geçersiz kabul

edilmektedir. Bu nedenle biyolojik deneylerin tekrarlanması ve farklı yöntemlerle yeniden denenmesi gerekmektedir.

6.7. Yerinde Gerçekleştirilen Biyolojik Deneyler

Emprenye maddelerinin etkinliğinin ya da ahşap numunelerin bozulma derecelerinin saptanmasında kontrollü laboratuar ortamları kadar, açık alan uygulamaları da kullanılmaktadır. Açık alan deneylerinde, numuneler kullanım yerindeki risk ortamına en yakın özellikte alanlarda bekletilmekte, böylece daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir. Kontrollü ortamda yapılan biyolojik denemelerde, mikroorganizmaların geliştirilmesi, sıcaklık ve nem gibi değerlerin sabit tutulduğu ortamlarda gerçekleştirilmektedir. Oysa kullanım yerinde hava ve nem koşulları sürekli değişmektedir. Her ne kadar çeşitli mantar ve böcek türleri için ideal yaşam koşulları tespit edilmişse de, bu organizmaların her zaman ideal olmayan, gerçek yaşam koşullarında da çoğalabildikleri bir gerçektir. Bölüm 6.6.2.'de belirtildiği şekilde, yapılan ilk biyolojik denemelerde eski yapılardan toplanan yumurtaların laboratuar ortamında çoğaltılması sağlanamamışken, yapıda böcekler çoğalmaya devam etmiştir.

Açık alan araştırmalarında deney numuneleri, kontrollü ortamlardan farklı olarak bütün mikroorganizmalara açıktır. Deney örnekleri, belirli bir böcek ya da mantar türü yerine ortamda bulunan tüm biyotik zararlıların etkisi ile bozunmaktadır. Numuneler, gerçek kullanım yerindeki risklere açık alanlarda bekletildiğinden, doğal kullanım alanındaki tahrip biçimlerine en yakın değerler elde edilebilmektedir. Bu nedenle, ikinci aşama biyolojik testlerde, numunelerin biyotik bozulma dereceleri açık alan denemeleri ile araştırılmıştır. Numuneler Tekirdağ Ertuğrul Mahallesi, İskele Caddesi 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı eski yapının; böcek, mantar ve bakteri aktivitesi bulunan döşeme altına bırakılarak, bu aktiviteler karşısındaki bozulma dereceleri karşılaştırılmıştır.

Açık alan denemeleri 1980'li yıllardan bu yana emprenye ve ahşap koruma alanında çalışma yapan araştırmacılar tarafından yaygın olarak kullanılmıştır. Chow ve Gerdemann (1980), değişik maddelerle işlem görmüş 13 farklı ahşap levha örneğini ve kontrol levhalarını bozulma alanlarına yerleştirmişler ve 16 hafta boyunca açık alanda

tutmuşlardır. Ardından örnekleri mekanik testlere tabi tutarak dayanıklılıklarındaki değişimi kontrol etmişlerdir.

Beal (1984), Panama'da, emprenye edilmiş ve edilmemiş ahşap örnekleri toprak üzerinde bekleterek belirli sürelerin sonunda örneklerde görülen termit gelişimlerini izlemiştir.

Burgers ve çalışma arkadaşları (1985), duvarla temas eden yerlerde kullanılan ahşap malzeme üzerinde görülen çürümeyi tespit edebilmek için beton üzerine yerleştirilmiş 300x100x100 mm boyutlarındaki örnekleri kullanmışlardır. Veranda dikmesi olarak düşünülen örneklerin üzerini kapatarak açık alanda bekletmişlerdir.

Bultman ve çalışma arkadaşları (1998), farklı emprenye maddeleri ile emprenye ettikleri ahşap örnekleri üç farklı ormanlık alanda beton zemin üzerine oturtarak bekletmişler ve her bir numunedeki bozulma miktarını ölçmüşlerdir. Böylece aynı işlemlerden geçmiş ahşap numunelerin farklı bölgelerdeki bozulma miktarlarını karşılaştırmışlardır. Bozulma derecelerinin saptanmasında, numunelerdeki ağırlık kaybını esas almışlardır.

İtalya'da deniz içinde kullanılan ahşap malzemelerin korunması için yapılan araştırmalarda, numuneler bağlanarak deniz içine sarkıtılmakta ve deniz hayvanlarının yaptığı tahribat incelenmektedir (Gambetta vd., 1985).

Temiz ve arkadaşları (2005), emprenye işleminin malzemenin renk özellikleri üzerindeki etkisini araştırmak için açık alan testlerinden yararlanmışlardır. Beş farklı emprenye maddesi ile emprenye edilmiş ve hiç emprenye edilmemiş çam numuneleri açık ve kapalı havada bekleterek emprenye maddelerinin renk değişimi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır.

Machek (2002), toprakla temas eden ahşap numunelerinin doğal dayanıklılıklarını ölçmek ve çeşitli emprenye maddelerinin bu örneklerin doğal dayanıklılığı üzerindeki etkisini araştırabilmek için açık alan testleri yapmıştır. Denemelerin sonunda numunelerin elastikiyeti ile direnç ve ağırlık kaybı ölçülerek çürüme oranları karşılaştırılmıştır.

Açık alan deneylerinde kullanılan ahşap numunelerin boyutları 20x20 mm enine kesitten, tam büyüklükteki numunelere kadar değişebilmektedir. Deneme süreleri ise numunelerin boyutuna göre ayarlanmakta ve genellikle 3 ay ile 2 yıl arasında

değişmektedir. Numunelerin boyutu küçüldükçe biyotik tahripçiler tarafından tahrip edilmesi kolaylaştığından deneme süresi kısaltılmaktadır (Bozkurt vd., 1993).

6.7.1. Yerinde gerçekleştirilen biyolojik testler için deney planı

Hazırlanan numuneler, emprenye ve eskitme işleminden sonra yeniden, Tekirdağ Ertuğrul Mahallesi, İskele Caddesi 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı eski yapının zemin altına yerleştirilerek, farklı emprenye yöntemleriyle emprenye edilmiş numuneler ve kontrol numunelerinin biyotik tahripçilere karşı direnci kontrol edilmiştir. Numuneler yapıya bırakılmadan önce, her bir numunenin nem derecesi ve ağırlığı kaydedilmiştir. 20 haftalık bekleme süresinin ardından, numuneler zemin altından çıkarılarak başlangıçtaki nem değerine kadar kurutulmuştur.

Başlangıç derecesine kadar kurutulmuş ve numaralandırılmış numunelerin ağırlıkları hassas terazi ile yeniden ölçülerek ağırlık kayıpları hesaplanmıştır. Böcek, mantar ve bakteriler ahşap malzemenin selüloz, hemiselüloz ve lignin tabakalarını tahrip ederek malzemenin ağırlık kaybetmesine neden olmaktadır. Beyaz çürüklük ve kahverengi çürüklükte, malzemede görülen ağırlık kaybı % 95'e kadar çıkabilmektedir (Zabel ve Morrell, 1992). Bu nedenle, ağırlık kayıpları, araştırmada numunelerin bozulma derecelerini gösteren bir kriter olarak kullanılmıştır. Ayrıca numuneler, bekleme süresinin sonunda, laboratuar ortamında incelenerek mantar ve bakteri varlığı araştırılmıştır.

6.7.2. Yerinde gerçekleştirilen biyolojik testlerde kullanılmak üzere deney numunelerinin yeniden ebatlanması, emprenye edilmesi ve eskitilmesi

Geleneksel Tekirdağ evlerinde kullanılan ahşap materyal üzerinden alınan çam ve meşe numuneler, bir önceki denemede olduğu gibi 50x25x10 mm ve 50x25x20 mm boyutlarında olacak şekilde ebatlanmıştır. Ebatlanan numuneler kondisyonlanarak

emprenye işlemine hazır hale getirilmiştir. Numunelerin hazırlanması Bölüm 6.3'de açıklandığı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Numuneler organik solventli ve suda çözünen iki tip emprenye maddesi ile sürme ve enjeksiyon yöntemleriyle emprenye edilmiştir. Kimyasalların etken maddesi, organik solventli emprenye maddesi için "benzalkoniumchlorid"; suda çözünen emprenye maddesi için ise "tri aminopropil dodecylamin" ve "propiconazoldur". Uygulama yöntemlerinin her birinde kullanılan emprenye maddesi miktarı ise standart olup 150 ml/m² dir. Numunelerin emprenye edilmesi işlemi, Bölüm 6.3.2.'de açıklandığı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Enjeksiyonla emprenye işleminde numune kalınlığının 1/10'u çapında ikişer adet enjeksiyon deliği açılmıştır. Yapılarda, dış cephe kaplama malzemesi olarak kullanılan 10 mm kalınlığındaki çam numunelerde delik çapları 1 mm, taşıyıcı malzeme olarak kullanılan meşe numunelerde ise 2 mm'dir. Emprenye maddesi açılan deliklere enjekte edilmiş, kalan yüzeylere ise fırça ile sürülmüştür.

Emprenye işleminin ardından numuneler Bölüm 6.6.1'de açıklandığı şekilde eskitilmiştir. Eskitilen numuneler ve kontrol numuneleri tiplerine göre gruplandırılarak kodlanmıştır.

6.7.3. Numunelerin deney ortamına yerleştirilmesi

Nemi ve ağırlığı ölçülerek kaydedilmiş ve kodlanmış numuneler 16 Haziran 2008'de, Tekirdağ Ertuğrul Mah., İskele Cad. 70 pafta, 263 ada, 14 parsel kadastral tanımlı eski yapıya bırakılmıştır. Yapının zemin döşemesi iki noktadan açılarak, hazırlanan numuneler döşeme arasına yerleştirilmiştir (Resim 6.10). Numunelerin bırakılması için döşeme altının seçilmesinin nedeni, bu kısımlarda nem sorununun ve biyotik problemlerin daha yoğun olması ve ahşap elemanların yapıdaki kullanım koşulları açısından en gerçekçi ortam olmasıdır. Numuneler yerleştirilmeden önce, döşeme altından alınan odun dokuları mikroskop altında incelenmiş, dokularda mantar sporu ve bakteri varlığı tespit edilmiştir. Bu bölümlerde, odun dokusundaki çürüklük ve böcek varlığı da makroskopik olarak görülmektedir.



Resim 6.10. Numunelerin Haziran-2008'de döşeme altına bırakılması, (Ö. Bozkurt, 2008)

Döşeme altına yerleştirilmeden önce, biyotik zararlıların daha kolay bulaşmasını sağlamak için, numunelerin her birine 3 mm çapında klavuz delikleri açılmıştır (Resim 6.10). Klavuz deliklerinin açılmasının ardından numunelerin ağırlıkları yeniden ölçülerek kaydedilmiştir.

Numunelerin tamamının yerleştirilmesinin ardından, döşeme yeniden kapatılmıştır. Deney ortamı ve numuneler, deney süresince periyodik olarak kontrol edilmiştir. Numuneler 20 hafta süreyle yapıda bırakılmıştır.

6.7.4. Numunelerin deney ortamından çıkarılması ve bozulma derecelerinin araştırılması

20 haftalık sürenin sonunda 3 Kasım 2008 tarihinde döşeme yeniden açılarak numuneler çıkarılmıştır (Resim 6.11). Çıkarılan numuneler temizlenmiş ve iki hafta süreyle, Bölüm 6.3.1.2.'de belirtildiği şekilde iyi havalandırılan, sıcaklığı 20±2 ºC'de bağıl nemi % 65±5'de tutulabilen ortamda bekletilerek, kondisyonlanması sağlanmıştır.



Resim 6.11. Numunelerin Kasım-2008'de deney ortamından çıkarılması, (Ö. Bozkurt, 2008)

Kondisyonlamadan sonra, deney numuneleri klima odasında dar kenarları üzerinde, emici olmayan ve kimyasal etkisi bulunmayan bir yüzey üzerine, birbirine temas etmeyecek ve aralarındaki mesafe en az 10 mm olacak şekilde yerleştirilmiştir. Kurutma kabının kapağı kapatılmıştır. Kurutma kabı kondisyonlama bölümüne yerleştirilmiştir. Numuneler, bu durumda, başlangıçtaki nem derecesine ulaşıncaya kadar, iki hafta süreyle kurutulmuştur. Kurutma periyodu boyunca, numuneler haftada iki kere ters yüz edilmiştir. İkinci haftanın sonunda kurutma kabının kapağı, her gün dereceli olarak açılmıştır.

Mantar bulaşmasının belirlenebilmesi için bakteri, mantar ve böcek varlığı tespit edilen ortamda 20 hafta bekletilen numunelerden, petrilere ekim yapılmıştır. Petri kapları beş gün süreyle ideal kültür koşullarının sağlandığı etüvde bekletilmiştir. Ekim sonucu meydana gelen mantar gelişimi incelenmiştir.

Numunelerdeki bakteri bulaşmasının belirlenebilmesi için boyama tekniği kullanılmıştır. Laktofenol ile boyanan numuneler mikroskop altında incelenerek, bakteri varlığı araştırılmıştır.

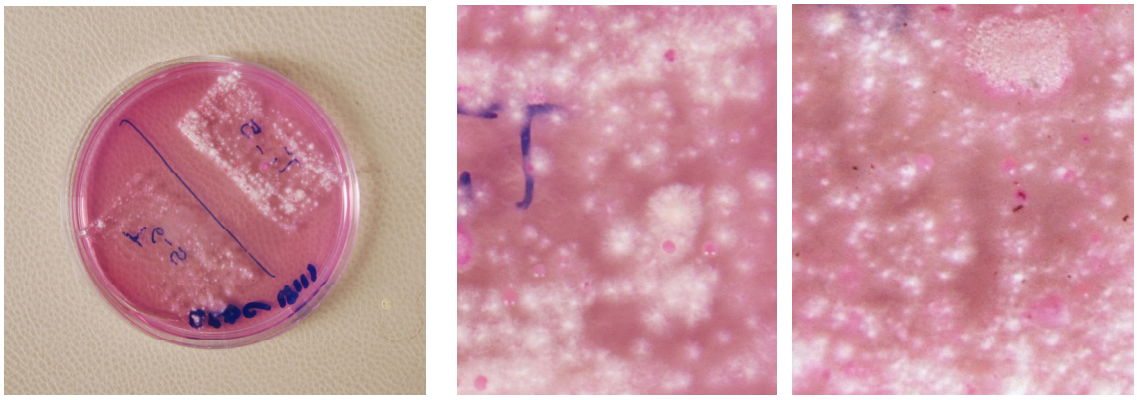
Numunelerdeki böcek varlığının tespit edilebilmesi için lupla gözlem yapılmıştır. 20 haftalık bekleme süresi, böcek larvalarının doğal ortamda gelişmesi için yeterli bir süre olmadığından, numuneler üzerindeki yumurta ve böcek atığı varlığı belirleyici olarak esas alınmıştır.

Enfekte olan numunelerde, bozulma derecelerinin belirlenebilmesi için ise doku kaybı olup olmadığı (ağırlık kayıpları) araştırılmıştır. Başlangıç nem derecesine kadar kurutulan numunelerin her birinin deney sonrası ağırlığı ölçülmüştür. Bu ağırlıklar, biyolojik deneyler öncesi ölçülerek kaydedilmiş ağırlıklarıyla karşılaştırılmıştır. Farklı emprenye maddesi ve farklı yöntemlerle emprenye edilen numune tiplerinde görülen ağırlık kaybı oranları karşılaştırılarak, her tip numune için doku kaybı miktarı saptanmıştır.

6.7.4. Biyolojik deneyler sonunda elde edilen bulgular

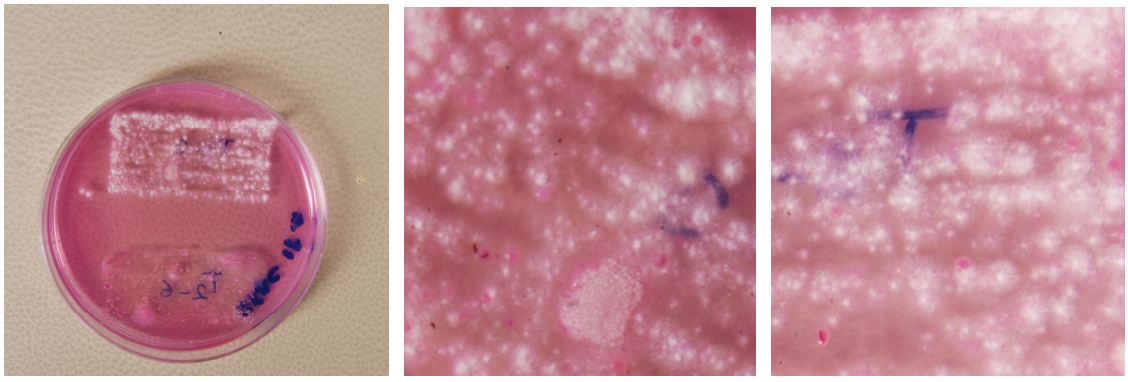
Deney ortamından çıkarılan numunelerden alınan dokular mikroskop altında incelendiğinde, bütün numune tiplerinde mantar sporu ve bakteri varlığı tespit edilmiştir. Ancak emprenye işleminin etkinliği açısından numunelerdeki spor varlığı kadar, bu sporların aktif hale gelebilme özelliği de önemlidir. Bu nedenle, mantar sporlarının aktif halde olup olmadığının belirlenebilmesi için, laboratuar ortamında numunelerin petri kabına temas ettirilmesi suretiyle, petrilere ekim yapılmıştır. Petriler 25 ºC sıcaklık ve % 65 nem derecesine ayarlanmış etüvde beş gün süreyle bekletilmiştir. Beş günün sonunda, numuneler etüvden çıkarılarak her bir tip için mantar aktivitesi incelenmiştir.

Ekim sonucunda, numune tiplerinin tamamında mantar aktivitesi görülmüştür. Emprenye edilmiş numune tiplerinde de, kontrol numunelerinde olduğu gibi, mantar sporları aktif durumdadır. Ancak kontrol numunelerinde meydana gelen mantar aktivitesi daha yoğundur. Resim 6.12 – Resim 6.16'da numune tiplerinin her birinde görülen mantar aktivitesi gösterilmiştir.



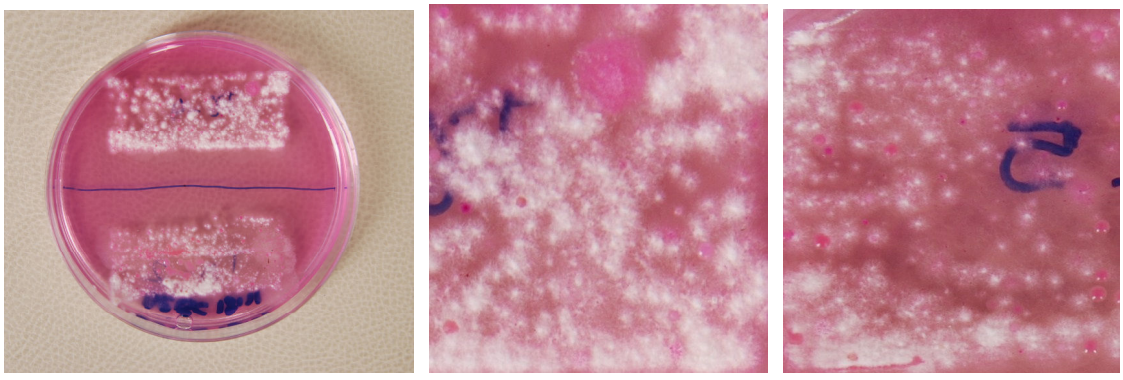
(a)TÇ1 (b) TM1

Resim 6.12. TÇ1 (Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler) ve TM1 (Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler) (Ö. Bozkurt, 2008).



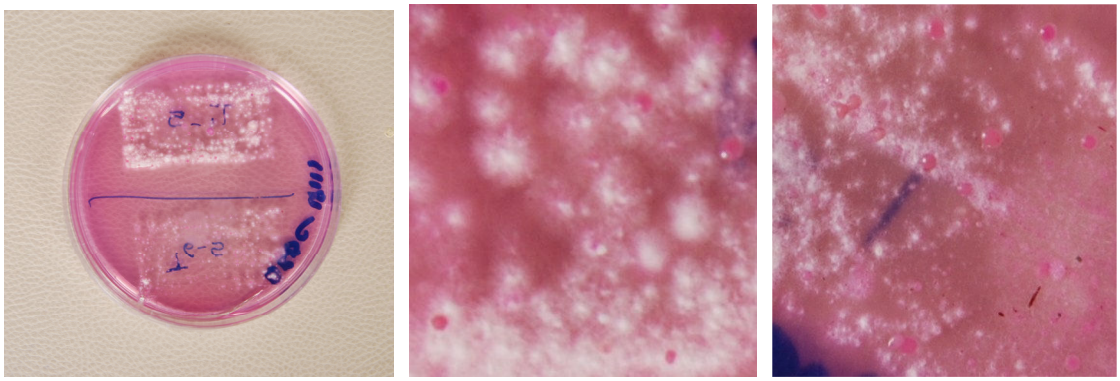
(a) TÇ2 (b) TM3

Resim 6.13. TÇ2 (Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler) ve TM2 (Suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler) (Ö. Bozkurt, 2008).



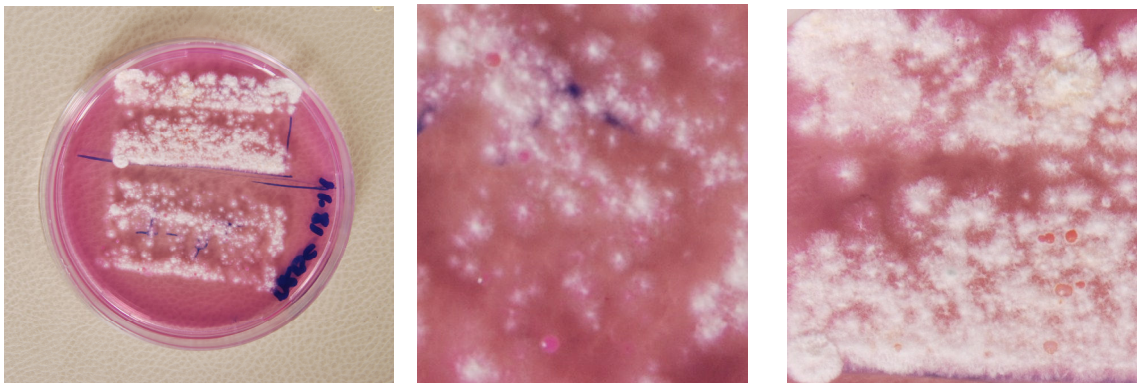
(a) TÇ3 (b) TM3

Resim 6.14. TÇ3 (Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler) ve TM3 (Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler) (Ö. Bozkurt, 2008).



(a) TÇ4 (b) TM4

Resim 6.15. TÇ4 (Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler) ve TM4 (Organik solventli emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler) (Ö. Bozkurt, 2008).



(a) TÇ5 (b) TM5

Resim 6.16. TÇ5 (Çam kontrol numuneleri) ve TM5 (Meşe kontrol numuneleri) (Ö. Bozkurt, 2008).

Bakteri varlığının araştırılması için, numunelerden alınan dokular laktofenol ile boyanarak mikroskop altında incelenmiştir. İnceleme sonucunda, kontrol numunelerinde ve diğer tüm numune tiplerinde bakteri varlığı tespit edilmiştir.

Böcek varlığının belirlenebilmesi için ise numuneler lupla incelenmiştir. Numunelerde böcek yumurtası ya da larvasına rastlanmamıştır. Ancak numune çevrelerinde böcek artıkları bulunmaktadır.

Mantar ve bakteri varlığı tespit edilen numunelerde meydana gelen doku kaybının ve bozulma derecelerinin karşılaştırılması için, ağırlık kaybı oranları hesaplanmıştır. Aynı nem oranına kadar kurutulmuş numunelerin biyolojik deneyler öncesinde ölçülmüş ilk ağırlıkları ve biyolojik deneyler sonunda ölçülmüş son ağırlıkları karşılaştırılmıştır. Kullanılan ağırlık değerleri, her bir tip için deneyde

kullanılan numune ağırlıklarının ortalaması alınarak elde edilmiştir. Ağırlık kaybı oranının hesaplanması için aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır.

Ağırlık kaybı (%) = [Numunelerde ağırlık kaybı/Numunenin önceki ağırlığı] × 100

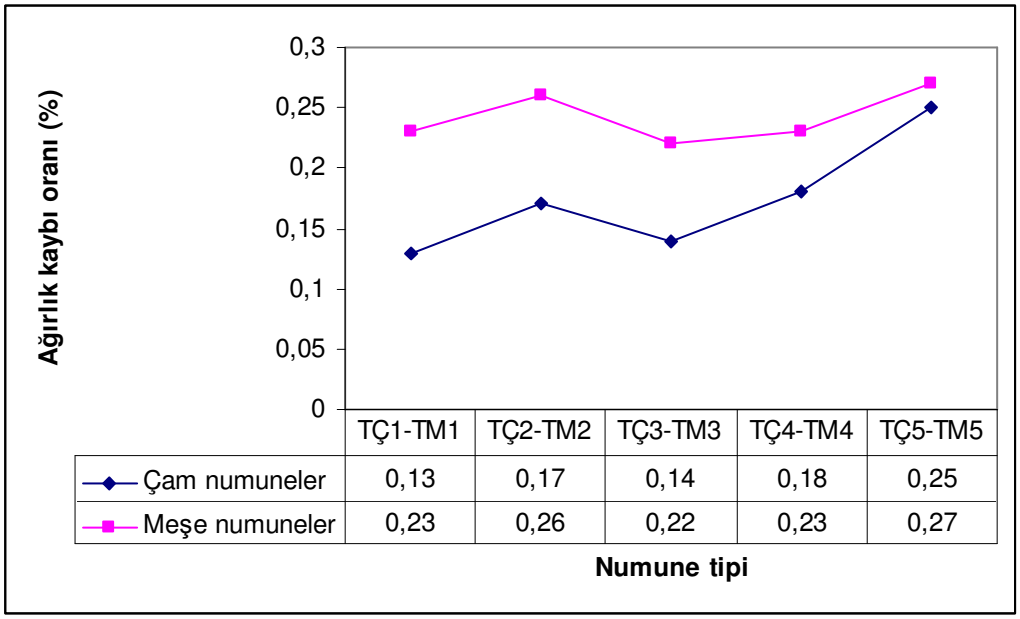
Çam numunelerde biyolojik deneyler sonunda görülen ağırlık kaybı oranları:

Ağırlık kaybı TÇ1 (%) = [0,0098/7,4642] × 100 = % 0,13 g
Ağırlık kaybı TÇ2 (%) = [0,0131/7,5747] × 100 = % 0,17 g
Ağırlık kaybı TÇ3 (%) = [0,0108 /7,6771] × 100 = % 0,14 g
Ağırlık kaybı TÇ4 (%) = [0,0139/7,6741] × 100 = % 0,18 g
Ağırlık kaybı TÇ5 (%) = [0,0188/7,6741] × 100 = % 0,25 g

Meşe numunelerde biyolojik deneyler sonunda görülen ağırlık kayıpları:

Ağırlık kaybı TM1 (%) = [0,0552/23,9567] × 100 = % 0,23 g
Ağırlık kaybı TM2 (%) = [0,0649/24,7663] × 100 = % 0,26 g
Ağırlık kaybı TM3 (%) = [0,0534/23,8421] × 100 = % 0,22 g
Ağırlık kaybı TM4 (%) = [0,0521/22,3232] × 100 = % 0,23 g
Ağırlık kaybı TM5 (%) = [0,0595/22,0383] × 100 = % 0,27 g

Ağırlık kaybı oranları karşılaştırıldığında, emprenye edilmeyen kontrol numunelerinde ağırlık kaybının daha fazla olduğu görülmektedir. Emprenye işlemi bütün numune tipleri için ağırlık kaybının daha az olmasını sağlamıştır. Ağırlık kayıplarının en az olduğu yöntem ise hem çam hem de meşe numuneler için, enjeksiyon yöntemi olmuştur. Fırçayla sürme yönteminde ağırlık kayıpları daha yüksektir. Meşe numunelerde suda çözünen emprenye maddesi kullanılarak fırça yöntemiyle emprenye edilmiş numunelerde meydana gelen ağırlık kaybı, emprenye edilmemiş kontrol numuneleriyle neredeyse aynıdır. Suda çözünen ve organik solventli emprenye maddelerinin, ağırlık kaybı üzerindeki etkileri arasında ise anlamlı bir farklılık yoktur (Grafik 6.8.).



	TÇ1-TM1	TÇ2-TM2	TÇ3-TM3	TÇ4-TM4	TÇ5-TM5
Çam numuneler	0,13	0,17	0,14	0,18	0,25
Meşe numuneler	0,23	0,26	0,22	0,23	0,27

Grafik 6.8. Biyolojik deneyler sonunda numunelerde görülen ağırlık kaybı oranları

TÇ1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
TÇ2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
TÇ3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
TÇ4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilen çam numuneler.
TÇ5: Emprenye edilmemiş çam kontrol numuneleri.
TM1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
TM2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
TM3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
TM4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
TM5: Emprenye edilmemiş meşe kontrol numuneleri

7. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Ahşap malzemenin özgül ağırlığı, emprenye işlemi sonrası malzemenin mekanik özelliklerinde meydana gelen değişim, absorbe edilen kimyasal madde miktarı ve kimyasalların eskidikten sonraki performansı, malzemenin biyolojik zararlılara karşı dayanımını etkilemektedir. Bu nedenle mekanik ve biyolojik testler sonunda elde edilen bulgular birlikte değerlendirilmiştir (Çizelge 7.1.).

Çizelge 7.1. Mekanik ve biyolojik deneyler sonunda numune tiplerinden elde edilen değerler

		Mekanik dayanımı (Kgf / cm^2)					**Absorbsiyon (g/cm3)**		**Biyolojik dayanımı**			
Numune tipi	**Özgül ağırlık (g/cm^3)**	// Basınç	⊥ Basınç	// Çekme	⊥ Çekme	Vida tutma (N/mm)	Eskitme öncesi	Eskitme sonrası	Ağırlık kaybı (%)	Bakteri varlığı	Mantar varlığı	Böcek yumurtası
TÇ1	0,48	445,01	34,58	**179,37**	**9,4**	72,68	0,2381	0,0574	0,13	+	+	-
TÇ2	0,48	472,36	**32,27**	**168,26**	**8,78**	**52,27**	0,1989	0,0203	0,17	+	+	-
TÇ3	0,48	424,98	36,32	**179,19**	**9,18**	54,56	0,2434	0,071	0,14	+	+	-
TÇ4	0,48	455,53	**32,28**	**167,05**	**8,41**	56,04	0,1975	0,0431	0,18	+	+	-
TÇ5	0,48	397,74	35,79	198,67	10,92	55,7	0	0	0,25	+	+	-
TM1	0,82	577,92	195,57	**375,31**	18,78	211,28	0,1861	0,0602	0,23	+	+	-
TM2	0,82	604,11	206,76	**381,48**	16,12	208,45	0,1527	0,0579	0,26	+	+	-
TM3	0,82	573,08	193,77	**373,35**	19,41	239,59	0,1951	0,0791	0,22	+	+	-
TM4	0,82	628,23	183,72	**339,87**	18,18	208,04	0,1667	0,0586	0,23	+	+	-
TM5	0,82	598,45	184,05	410,56	16,27	179,68	0	0	0,27	+	+	-

Mekanik direnç değerlerinde, tolerans gösterilemeyecek ölçüde direnç kaybı (%5'in üzerinde) olan numune değerleri koyu gösterilmiştir (// : Liflere paralel, ⊥ : Liflere dik).

TÇ1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
TÇ2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
TÇ3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş çam numuneler.
TÇ4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilen çam numuneler.
TÇ5: Emprenye edilmemiş çam kontrol numuneleri.
TM1: Suda çözünen emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
TM2: Suda çözünen emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
TM3: Organik solventli emprenye maddesi ve enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
TM4: Organik solventli emprenye maddesi ve fırça ile sürme yöntemiyle emprenye edilmiş meşe numuneler.
TM5: Emprenye edilmemiş meşe kontrol numuneleri

Emprenye işlemi çam numunelerin direnç özelliklerini önemli ölçüde zayıflatmıştır. Çam numunelerde, eskitme sonrası ölçülen emprenye maddesi

absorbsiyon oranları da oldukça düşüktür. Bir başka deyişle, emprenye sonrası direnç özellikleri zayıflayan çam numunelerde, eskime sonrası kalan kimyasal miktarı da malzemeyi biyolojik aktiviteye karşı tam olarak koruyabilmek için yeterli değildir. Absorbsiyon miktarının eskitme sonrası çok düşmüş olması, eski yapılarda uygulanacak yüzeysel emprenye işlemlerinin malzemeyi ancak kısa süreliğine koruyabileceğini göstermektedir. Emprenye maddelerinin malzeme yüzeyinden kolayca uzaklaşması, emprenye işleminin sık aralıklarla yenilenmesini gerektirmektedir. Bunun anlamı, her yeni uygulamada, eski malzemenin mekanik direnç özelliklerinin biraz daha zayıflamasıdır.

Bununla birlikte biyolojik deneylerin sonunda, çam numunelerin tamamında mantar ve bakteri sorunu bulunmasına rağmen, emprenye edilmemiş kontrol numunelerinde daha fazla ağırlık kaybı görülmüştür. Bu sonuç aynı zamanda, absorbsiyon miktarları düşük olsa bile, emprenye işleminin eski malzeme üzerinde koruyucu olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle biyolojik aktivite riski çok yüksek olan yapılarda; olumsuz etkilerine rağmen yerinde emprenye yapılması, malzemenin biyolojik bozunma hızını yavaşlatarak, kullanım ömrünü uzatabilecektir. Ancak bu durumda da, tekrarlayan emprenye işlemi sayısını azaltabilmek için etkinliği daha yüksek olan yöntemlerin ve kimyasalların tercih edilmesi gereklidir. Örneğin, organik solventli emprenye maddesiyle emprenye edilen çam numunelerde, absorbsiyon miktarı daha yüksektir. Deney bulgularına göre, fırça yöntemiyle emprenye edilen numunelerde eskitme sonrası absorbsiyon miktarı çok düşüktür. Bu nedenle daha fazla nüfuz derinliği sağlayan enjeksiyon yöntemleri tercih edilmelidir. Enjeksiyon yöntemi çam numunelerde eksta direnç kaybına neden olmamıştır. Aksine enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilen çam numunelerin liflere dik basınç, liflere paralel çekme, liflere dik çekme ve vida tutma dirençleri fırça yönteminden daha yüksek çıkmıştır. Emprenye sonrası ölçülen, emprenye maddesi absorbsiyon miktarları enjeksiyon yönteminde daha yüksektir. Enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilen numuneler eskitme sonrası da daha az kimyasal kaybetmiştir. Bu nedenle çam numuneler için enjeksiyonla emprenye işleminin daha etkin olduğu söylenebilir. Biyolojik testler sonunda bütün numunelerde mantar ve bakteri varlığı bulunsa da, enjeksiyon yöntemiyle emprenye edilen numunelerin, kullanılan kimyasal ne olursa olsun daha az ağırlık kaybettikleri görülmüştür. Bir başka deyişle biyolojik bozunma hızları daha yavaştır.

Deneylerde kullanılan meşe numunelerde ise emprenye işleminin tahrip edici yönü ihmal edilebilecek düzeydedir. Meşe numuneler, emprenye işleminden sonra, liflere paralel çekme direnci dışında, direnç kaybetmemişlerdir. Meşe numunelerde, eskitme sonrası ölçülen emprenye maddesi absorbsiyon miktarı çam numunelerden daha yüksektir. Meşe numunelerin başlangıç özgül ağırlıklarının ve doğal dayanıklılığının daha yüksek olması, mekanik özelliklerinin emprenye sonrası çam numunelere göre daha iyi olmasını sağlamıştır. Buradan yola çıkarak, başlangıçta mekanik özellikleri iyi durumda olan ve ağırlık kaybetmemiş olan eski malzeme üzerine uygulandığında, yerinde emprenye yöntemlerinin, yeni malzemede olduğu gibi iyi sonuçlar verebileceği sonucu çıkarılabilir. Ancak yine de meşe numunelerde de absorbsiyon miktarı, basınçlı emprenye yöntemleriyle kıyaslandığında çok düşüktür. Bu sonuca göre, kimyasal maddelerin koruyucu etkisini sürdürebilmesi için, emprenye işleminin yapılarda belirli aralıklarla tekrar edilmesi gerekmektedir. Sık tekrarlanan emprenye işlemlerinin ise, daha önce de değinildiği gibi, malzemenin hücre çeperleri üzerinde bozucu etkisi bulunmaktadır. Hücre çeperlerinde meydana gelen deformasyonun geri dönüşü ise mümkün değildir. Bu nedenle nüfuz derinliğinin ve emprenye maddesi absorbsiyon miktarının daha fazla olduğu enjeksiyon yönteminin, fırça yöntemine tercih edilmesi daha doğru olacaktır. Yüzeysel bir uygulama yöntemi olan fırçayla sürme yöntemiyle emprenye edilen meşe numunelerin biyolojik deneyler sonundaki performansı, emprenye edilmemiş kontrol numuneleriyle neredeyse aynıdır (Çizelge 7.1.). Ancak yapılarda liflere paralel çekme direncinin önemli olduğu kullanım yerlerinde, enjeksiyon yöntemi yerine fırça yöntemi tercih edilebilecektir.

Bütün bu sonuçlara rağmen, mekanik direnç özellikleri daha iyi olan kontrol numunelerinin biyolojik deneyler sonunda daha fazla ağırlık kaybetmiş olması; mekanik direncin biyolojik aktiviteye karşı kimyasalla korumada tek başına ölçüt olamayacağını göstermektedir.

Biyolojik deneyler sonunda, bütün numune tiplerinde mantar ve bakteri aktivitesinin görülmesi ise, hiçbir yerinde emprenye tekniğinin eskidikten sonra, biyolojik bozunma riski yüksek olan yerlerde yeterli düzeyde koruma sağlayamadığını göstermektedir. İlk uygulandığında yeterli düzeyde olan absorbsiyon miktarları, eskime sonrasında kaçınılmaz olarak düşmektedir. Özellikle suda çözünen emprenye maddelerinde, eskidikten sonra malzeme üzerinde kalan kimyasal miktarı çok düşüktür

ve biyolojilk aktiviteye karşı korumada yetersiz kalmaktadır. Oysa sürekli neme maruz kalan eski ahşap yapılarda uygulanan koruma yöntemlerinin başarılı kabul edilebilmesi için, eskidikten sonra da yeterli koruma sağlaması gereklidir. Bunun için emprenye maddesinin yeterince nüfuz etmesi ve absorbsiyon miktarının yüksek olması gereklidir.

Genel olarak, yeni malzemeye kullanım öncesinde uygulandığında, biyolojik bozunmalara karşı çok etkili sonuçlar veren emprenye yöntemleri, eski malzeme için her zaman aynı olumlu sonuçları göstermemektedir. Özellikle büyük moleküllü koruyucuların hücre çeperleri üzerinde bozucu etkisi bulunmaktadır (Furuno, 2003).

Eski yapılarda uzun zaman kullanılarak eskimiş ve özgül ağırlığında azalma meydana gelmiş ahşap malzemeye uygulandığında, emprenye maddelerinin mekanik direnç özellikleri üzerindeki olumsuz etkisi ihmal edilemeyecek kadar büyük olmaktadır. Bununla birlikte, yerinde emprenye uygulamalarıyla, biyolojik zararlılara karşı yeterince etkinlik gösterecek düzeyde bir kimyasal absorbsiyonu da sağlanamamaktadır. Basınç uygulayan yöntemlerde malzemenin derinliklerine kadar nüfuz eden kimyasallar, yüzeysel yöntemlerle aynı düzeyde nüfuz edememektedir. Eski malzemede geçit açıklıklarının tıkanması da emprenye işleminde kimyasalların nüfuz etmesini zorlaştırmaktadır. Nüfuz derinliği düşük olduğunda koruma sadece yüzeysel olmakta, kısa süre sonra malzeme emprenyenin koruyucu etkisini yitirmektedir. Bu sorun ancak, emprenye işlemi sık tekrarlanarak çözülebilmektedir. Ancak tekrar eden emprenye uygulamalarıyla malzemenin mekanik direnci her defasında biraz daha düşürülmektedir. Oysa ahşap malzemenin biyolojik aktiviteye karşı korunmasında, hücre çeperlerinin sağlam olması, en az kimyasallarla koruma kadar önemlidir. Yine de biyolojik bozunma riski çok yüksek olan yerlerde, direnç özelliklerindeki zayıflamaya rağmen emprenye işlemi yapılması mümkündür. Deney sonuçları mekanik özelliklerdeki zayıflamaya rağmen emprenye edilmiş numunelerde biyolojik bozunma derecesinin daha düşük olduğunu göstermektedir (Çizelge 7.1.). Zorunlu hallerde biyolojik bozunmaya karşı emprenye kullanılacaksa, fırçayla sürme gibi yüzeysel yöntemler yerine, kimyasal madde absorbsiyonunun daha yüksek olduğu enjeksiyon yöntemi tercih edilmelidir.

Yapılarda kullanılan doğal dayanıklılığı yüksek ve özgül ağırlığında azalma meydana gelmemiş ahşap elemanlarda ise yerinde emprenye işlemleri daha etkin sonuçlar vermektedir. Doğal dayanıklılıkları arasındaki farklılıklardan dolayı, aynı risk

sınıfına sahip kullanım yerinde aynı süre kullanılmış olan değişik ahşap malzemenin eskime oranı aynı olmamaktadır. Deneyde kullanılan meşe numunelerde olduğu gibi doğal dayanıklılığı yüksek ağaç türlerinden yapılmış olan ahşap elemanlar, hiçbir kimyasal uygulanmamış olsa bile bozulmayabilmektedir. Bu tip malzemeye yerinde emprenye işlemleri uygulandığında, direnç değerlerinde önemli bir düşüş görülmemekte, eskime sonrası absorbsiyon değerleri de daha yüksek çıkmaktadır. Bu malzemelerde yerinde emprenye işlemi yapmak direnç özelliklerini zayıflatmamakta ve biyolojik aktiviteye karşı koruma sağlamaktadır.

Deneylerde kimyasal madde aborbsiyonunu ve biyolojik aktiviteye karşı koruyuculuk bakımından en iyi değerleri veren yöntem hem çam numuneler için hem de meşe numuneler için enjeksiyon yöntemidir. Enjeksiyon yönteminin başarısı ve ahşap malzemenin mekanik özellikleri üzerindeki etkisi açısından ise enjeksiyon deliklerinin çapı, derinliği ve sıklığı önem taşımaktadır. Enjeksiyon yönteminin tarihi yapılarda bulunan ahşap elemanlarda başarıyla uygulanabilmesi için, bu özelliklerin de mutlaka yeni araştırmalarla ortaya konması gereklidir.

Genel bir prensip olarak, eski malzemeye yerinde uygulanan emprenye işlemleri malzemeyi biyolojik aktiviteye karşı koruyabilmekle birlikte, olumsuz etkileri de olan ve geri dönüşü kolay olmayan uygulamalardır. Ayrıca, deney sonuçlarının da ortaya koyduğu gibi, aynı işlem her malzeme ve her biyolojik aktivite için aynı etkiyi göstermemektedir. Bu nedenle, uygulama öncesi malzeme uzmanları tarafından, emprenye edilecek ahşap malzemenin mekanik değerleri ölçülmeli, uygulamanın emprenye edilecek malzeme üzerindeki etkisi test edilmeli, işlemin malzemeye getirileri ve götürüleri irdelenmelidir.

Ayrıca, ortamda organizmaların çoğalmasını ve etkili olmasını kolaylaştıran koşullar ortadan kaldırılmadığı sürece, hiçbir yerinde emprenye yöntemi tek başına yeterli koruma sağlamamaktadır. Çalışmanın biyolojik deneylerinde, çeşitli yöntem ve kimyasallarla emprenye edilmiş numunelerde de, kontrol numunelerinde olduğu gibi biyolojik aktivite devam etmiştir. Bu nedenle emprenye işleminden önce, emprenyenin, malzemede oluşmuş ya da oluşabilecek biyolojik aktiviteyi gerçekten kontrol altına alıp alamayacağının bilinmesi gereklidir.

Tarihi yapılarda bulunan eski ahşap malzemenin emprenyesi, bilinçli uygulandığında, koruma açısından çok yararlı bir adım olabilecekken, bilinçsizce

uygulandığında hem malzeme hem de insan ve çevre sağlığı açısından gereksiz ve zararlı bir adımdır. Tarihi yapılarda emprenye ile koruma yoluna gidilmeden önce, bunun gerçekten çözüm olabileceğinden emin olmak gereklidir. Çünkü ahşap elemanları, emprenyenin yeterli koruma sağlayamayacağı durumlarda, gereksiz emprenye etmek, hiçbir koruyucu işlem yapmamaktan daha tehlikelidir.

KAYNAKLAR

Adler, E. (1977); "Lignin Chemistry – Past, Present and Future", Wood Science and Technology, 11:169-218.

Akkemik, Ü. (2004); Dendrokronoloji, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No: 479, İstanbul.

Albano, C., Ichazo, M., González, J., Delgado, M., Poleo, R. (2001); "Effects of Filler Treatments on the Mechanical and Morphological Behavior of PP+wood flour and PP+sisal fiber", Mat Res Innovat, 4: 284–293.

Amburgey, T.L. (2000); "Fungi and Their Effects on Untreated Wood Products", AWPA Newsline, 4.

Arsenault, R.D. (1973); Factors Influencing the Effectiveness of Preservative Systems, Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments, Vol II, Syracuse University Pres, New York.

Aslan, S., Özkaya, K. (2004); "Farklı Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilmiş Ahşap Esaslı Levhaların Yanma Mukavemetinin Araştırılması", Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:A, 2: 122-140.

Aslan, S. (1998); Ağaç Zararlıları Koruma ve Emprenye Teknikleri, KOSGEB Yayınları, Ankara.

Aslan, S. (1994); Ağaç Dendrolojisi ve Odun Anatomisi, Hacettepe Üniversitesi Yayını, Ankara.

Ayadi, N., Lejeune, F., Charrier, B., Merlin, A. (2003); "Color Stability of Heat-Treated Wood During Artificial Weathering", Holz als Roh und Werkstoff, 61: 221-226.

Baker, J.M. (1972); "The Insecticidal Action of Some Components of Wood Preservatives", Pesticide Science, 3(2): 229-239.

Baker, J.M. (1969); "Digestion of Wood by Anobium Punctatum and Comparison With Some Other Wood-Boring Beetles", Proceedings of the Royal Entomological Society of London, Series C Journal of Meetings, 33(8): 31-33.

Barnes, H.M., Maulpin, M.S., Lindsey, G.B. (2005); "Bending Properties Of Southern Pine Treated With Waterborne Copper Naphthenate", 2005 Colley / Hartford Research Symposium.

Bates, M.N.; Smith, A.H.; Cantor, K.P. (1995); "Case-Control Study of Bladder Cancer and Arsenic in Drinking Water" Am. J. Epidemiol, 141: 523-530.

Baysal, E., Yalınkılıç, M.K. (2005); "A New Boron Impregnation Technique of Wood by Vapor Boron of Boric Acid to Reduce Leaching Boron from Wood", Wood Science Technology, 39:187-198.

Baysal, E., Ozaki, S.Kiyoka, Yalınkılıç, M.Kemal (2004); "Dimensional Stabilization of Wood Treated with Furfuryl Alcohol Catalysed by Borates", Wood Science Technology, 38: 405–415.

Baysal, E. (2003); "Borlu Bileşikler ve Doğal Sepi Maddeleriyle Emprenye Edilen Sarıçam Odununun Yanma Özellikleri", Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19: 59-69.

Beal, R.H. (1984); "Termiticide research update", Pest Control Technology, 12 (3), 71–74.

Becker, G., Theden, G. (1969); Annual Report on Wood Protection, 1959-1960, Springer-Verlag, Berlin.

Becker, G. (1942); "Ökologische und Physiologische Untersuchungen über die Holzzerstörenden Larven von Anobium Punctatum Deg.", Zeitschrift für Morphologie und Ökologie Tiere, 39: 98-151.

Beckwith, J.,R. (1998); Durability of Wood, Extension Wood Products Specialist, New York

Berkel, A. (1972); Ağaç Malzeme Teknolojisi, Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını No: 1745/183, İstanbul.

Berry, R.W. (1977); "The Evaluation of Permethrin for Wood Preservation" Pesticide Science, 8(3): 284-290.

Berry, R.W, Orsler, R.J. (1985); Timbers, Their Natural Durability and Resistance to Preservative Treatment, BRE Digest 296, Building Research Establishment, Watford.

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

Bletchley, J.D. (1966); "Aspects of the Habits and Nutrition of the Anobiidae with Special Reference to Anobium Punctatum de Geer", Beihefte zu Material und Organismen (Internationales Symposium Berlin-Dahelm 1965), supplement to Material und Organismen 371-381

Bletchley, J.D. (1957); The Biological Work of the Forest Pruducts Research Laboratory, Princes Risborough III: the Work of the Entomology Section with

Particular Reference to the Common Furniture Betle Anobium Punctatum de Geer, Proceedings of the Linnaean Society, 168: 111-115.

Bletchley, J.D. (1952); "A Summary of Some Recent Work on the Factors Affecting Agg Laying and Hatching in Anobium Punctatum de Geer", Transactions of the 9th International Congress of Entomology, 1: 728-734.

Bozkurt, Y., Erdin, N. (1997); Ağaç Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Yayını, Yayın No: 445, İstanbul.

Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N. (1993); Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi Yayını, Yayın No:3779, İstanbul.

Bozkurt, Y. (1988); Ahşap Malzemenin Korunması Semineri, MPM Yayını: 338, Ankara

Brelid, P.L., Simonson, R., Bergman, Ö., Nilsson, T. (2000); "Resistance of Acetylated Wood to Biological Degradation", Holz als Roch und Wekstoff, 58: 331-337.

Brereton, C. (1995); The Repair of Historic Buildings: Advice on Principles and Methods, English Heritage, London.

Bull, D.C., Harland, P.W. (2001); "The Chemistry of Chromated Copper Arsenate III. Recovery of Arsenic Content from Treatment Plant Sludges", Wood Science and Technology, 35: 137-141.

Bull, D.C., (2000); "The Chemistry of Chromated Copper Arsenate. I. Characterization of Timber Treatment Plant Chemical Sludge", Wood Science and Technology, 34: 367-76.

Bultman, J.D., Chen, S.L., Schloman W.W. (1998); "Anti-termitic Efficacy of the Resin and Rubber in Fractionator Overheads from a Guayule Extraction Process", Maurice Morton Institute of Polymer Science, The University of Akron, Akron.

Burgers, N., Cockcroft, R., Jong, D. (1985); Wood Preservation in the Netherlands. STU, Information No:457.

Butcher JA, Preston AF, Drysdale J (1977); "Initial Screening Trials of Some Quaternary Ammonium Compounds and Amine Salts as Wood Preservatives", For Prod J, 27(7): 19–22.

Carter, R.M. (1962); "Progress in Wood Preservation", Forest Products J., 12(4): 155-157.

Chow, P., Gerdemann, J.W. (1980); "Effects of a Cold-Dip Treatment on Natural Durability of Wood-Base Building Materials Against Decay and Dimensional Change", Wood Science and Technology.

Chowdhury, UK; Rahman, MM; Sengupta, MK; Lodh, D; Chanda, CR; Roy, S; Quamruzzaman, Q; Tokunaga, H; Ando, M; Chakraborti, D. (2003); "Pattern of Excretion of Arsenic Compounds [arsenite, arsenate, MMA(V), DMA(V)] in Urine of Children Compared to Adults from an Arsenic Exposed Area in Bangladesh", J. Environ. Health Pt. A, 38(1): 87-113.

Clausen, C.A., Smith, R.L. (1998); "Removal of CCA from Treated wood by Oxalic Acid Extraction, Steam Explosion, and Bacterial Fermentation", Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 20: 251–257.

Coggins, C.R. (1980); Decay of Timber in Buildings, England.

Cooper, P.A., Alexander, D.L., Ung, T. (1993); What is Chemical Fixation? In Chormium-Containing Waterborne Wood Preservatives: Fixation and Environment Issues, Forest Products Society, ISBN 0-935018-59-X.

Cymorek, S. (1975); "Methods and Experiences in Rearing Anobium Punctatum (De Geer)", Holz als Roh und Werkstoff, Springer Berlin/Heidelberg, 33:6.

Cymorek, S.; Bauer, D. (1964); "Testing of Wood Preservatives on Their Effectiveness in the Control of A*nobium Punctatum* de geer", Holz als Roh und Werkstoff, Springer Berlin/Heidelberg, 22(8): 304-308

Çanakçıoğlu, H. (1993); Orman Entomolojisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, İstanbul.

Daniel, G.; Nilsson, T., (1998); Developments in the Study of Soft Rot and Bacterial Decay. In: A. Bruce and J.W. Palfreyman, Editors, *Forest Products Biotechnology*, Taylor & Francis, London.

Dawson, B.S.W., Kroese, H.W., Hong, S.O., Lane, G.T., (2002); "Resin Bleed After Painting from Radiata Pine Boards Treated with Tributyltin Naphthenate (light organic solvent preservative) or Copper, Chromium and Arsenic Compounds (water-borne preservative)", Holz als Roch und Wekstoff, 60: 18-24.

Dhamodaran, T.K., Gnanaharan, R. (2001); "Optimizing the Schedule for CCA Impragnation Treatment of Rubber Wood", Holz als Roh. Und Werkstoff, 59: 294-298.

Duygun, M. (2005); Ağaç Malzeme Teknolojisi, Özkan Matbaacılık, Ankara.

Edlund, M.L., Nilsson, T. (1998); "Testing the Durability of Wood", Materials and Structures, 31: 641-647.

Erdoğmuş, E. (2003); "Geleneksel Koruma Yöntemleri", Dekora Kataloğu, YEM Yayınları, 193-203, İstanbul.

Erten, P. (1988); "Ahşap Malzemenin Korunmasında Yararlanılan Başlıca Teknikler", Ahşap Malzemenin Korunması Sempozyumu, Milli Prodüktivite Yayınları No:338, Ankara, s. 127-135.

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

Evans, E. (2000); Tree Trunk, NC State Universty Yayını, E-Bülten.

Fawcett, J. (1998); Historic Floors: Their History and Conservation, Butterworth Heinemann Publisher with ICOMOS UK, London.

Fengel, D., Wegener, G. (1984); Wood Chemistry-Ultrasturucture-Reactions, Walter de Gruyter, Berlin.

Fossum, T., Walcheski, P. (2005); "Further Development in Analysis of Quaternary Ammonium Compounds for ACQ Treating Solution and Treated Wood", COLLEY / HARTFORD RESEARCH SYMPOSIUM, 1:7.

Furuno, T., Imamura, Y., Kajita, H. (2003); "The Modification of Wood by Treatment with Low Molecular Weight Phenol-Formaldehyde Resin: a Properties Enhancement with Neutralized Phenolic-Resin and Resin Penetration into Wood Cell Walls", Wood Science and Technology Journal of the International Academy of Wood Science, 1:76.

Gambetta, A., Orlandi, E., Cockcroft, R. (1985); Wood Presrvation in Italy, STU No: 505

Gao, M., Sun, C.Y., Wang, C.X. (2006); "Thermal Degradation of Wood Treated With Flame Retardants", Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 85(3): 765–769.

Gilfillan, J.R., Gilbert, S.G. (2001); "Development of a Technique to Measure the Residual Strenght of Woodworm Infested Timber", Construction and Building Meterials, 15:7, 381-388.

Goldstein I.S. (1973); Degradation and Protection of Wood From Thermal Attack, Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments (D.D.Nicholas, Ed), Syracuse University Press , 1: 307-339.

Goring, D.A.I., Timell, T.A. (1962); Molecular Weight of Native Celluloses, TAPPI, 40, 454-460.

Gosseling, R.J.A., Krosse, A.M.A, Putten, J.C., Kolk, J.C., Klerk-Engels, B., van Dam, J.E.G. (2003); "Wood Preservation by Low-Temperature Carbonisation", Department of Fibre and Paper Technology, Agrotechnological Research Institute (ATO B.V.), The Netherlands, Industrial Crops and Products, 19(1): 3-12.

Goulson, D., Birch, M.C., Wyatt, T.D. (1993); "Paternal Investment in Relation to Size in the Death-Watch Betle, Xestobium Rufovillosum (Coleoptera: Anobiidae) and Evidence for Female Selection for Large Males", Journal of Insect Behaviour, 6(%), 539:547.

Göksel, E. (1984); "Kızılçamın Lif Morfolojisi ve Odundan Sülfat Selülozu Elde Etme Olanakları Üzerine Araştırmalar", İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No: 364, İstanbul.

Grace, K. (1999); "The Formosan Subterranean Termite", Awpa Newsline, 14.

Graham, R.D. (1973); History of Wood Preservation, Wood Deterioration and its Prevention by Preservative Treatments, Vol.1 Degradation and Protection of Wood, Syracuse Universty Pres, New York.

Gürtekin, A. ve Oğuz, M. (2002); Mobilya ve Dekorasyon Gereç Bilgisi, MEB Yayınları, İstanbul.

Hall, G. S. (1988); "Ahşabın Yapıda Doğru Kullanımı ve Korunması", Ahşap Malzemenin Korunması Sempozyumu, Milli Prodüktivite Yayınları No: 338, Ankara.

Hansen, L.S. ve Vagn Jensen, K.M. (1999); "Upper Lethal Temperature Limits of the Common Furniture Beetle *Anobium punctatum* (Coleoptera: Anobiidae)", International Biodeterioration & Biodegradation, 37(3-4): 225-232.

Hansen, L.D. (1999); "Carpenter Ants – a Structural Pest", Pest of the Quarter, AWPA Newsline, 9.

Hartford, W.H. (1973); Chemical and Physical Properties of Wood Preservatives and Wood-Preservative Systems, Wood Deterioration and its Prevention by Preservative Treatments, Vol. II, Degradation and Protection of Wood, Syracuse Universty Pres, New York.

Holt, D.M. (1983); "Bacterial Degradation of Lignified Wood Cell Walls in Aerobic Aquatic Habitats: Decay Patterns and Mechanisms Proposed to Account for Their Formation", Journal of the Institute of Wood Science **9** (5):212–223.

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); Fungal Biology, Edward Arnold, London

Humar, M., Pohleven, F., Amartey, S.A. (2004); "Influence of Boron in CCB Formulation on Growth and Decay Capabilities of Copper Tolerant Fungi", Holz Roh Werkstoff, 62: 177–180.

Hunt, G.M., Garratt, G.A. (1967); Wood Preservation, McGrav-Hill Book Co., United States

Hwang, W.J., Kartal, S.N., Imamura, Y. (2006); "Evaluation of New Quaternary Ammonium Compound, Didecyldimethylammonium Tetrafluoroborate (DBF) in Comparison with DDAC: Leachability and Termite Resistance Tests", Holz als Roh- und Werkstoff, l.64: 111–116.

Hwang, W.J, Kartal, S.N., Shinoda, K., Imamura, Y. (2005), "Surface Treatment for Preventing Decay and Termite Attack in Wood Using Didecyl Dimethyl Ammonium Tetrafluoroborate (DBF) Incorporated with Acryl-Silicon Type Resin", Holz als Roh. und Werkstoff, 63: 204-208.

Inari, N.G., Petrissans, M., Gerardin, P. (2005); "Chemical Reactivity of Heat-Treated Wood", Wood Science Technology, 39:28.

İlhan, R. (1988); "Emprenye Sistemleri", Ahşap Malzemenin Korunması Semineri, MPM Yayını, Ankara

İlhan, R. (1980), Ağaç Malzemede Koruma ve Emprenye Tekniği, Karadeniz Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, Yayın No:74.

Jackman, P.E. (1981); "The Fire Behaviour of Timber and Wood Based Products", Journal of the Institute Wood Science, 9(1): 38-45.

Kamdem, D.P., Pizzi, A., Jermannaud, A. (2002); "Durability of Heat-Treated Wood", Holz als Roh und Werkstoff 60: 1-6.

Kartal, S.N., Hwang, W.J., Imamura, Y., Sekine, Y. (2005); "Effect of Essential Oil Compounds and Plant Extracts on Decay and Termite Resistance of Wood" Holz als Roh- und Werkstoff, 98: 8.

Kaygın, A.T., Sade, E.(2004); " Türkiye'de Bulunan Anobiidae (Tos Vuran Böcekler) Familyasına Bağlı Türler ve Bunlardan Bazı Önemli Türlerin Tanıtımı", Z.K.Ü. Bartın Orman Fakültesi, I-II.

Keefe, D. (2005); "Kiln Drying: a Part of Treating Process", Treated Wood/QC Consultant, Stone Mountain, GA, AWPA Newsline.

Keefe, D. (2005); "Quality Control of Treated Lumber: a Common Sense Approach", AWPA Newsline.

Kobayashi, M.; Asano, T.; Kajiyama, M.; Tomita, B. (2005); "Effect of Ozone Treatment of Wood on its Liquefaction", The Japan Wood Research Society, J. Wood Science 51: 348–356.

Kozlowski, T.T. ve Pallardy, S.G. (1997); Growth Control in Wood Plants, Academic Pres, Kaliforniya.

Lane, F.C. (1934); Venetian Ships and Shipbuilding of the Renaissance, the Johns Hopkins Pres, Baltimore.

Ledhem, A., Dheilly, R.M., Queneudec, M.(2000); "Reuse of Waste Oils in the Treatment of Wood Aggregates", Waste Management, 20: 321-326.

Lee, D., Lee, M.J., Son, D.V., Park, B.D. (2006), "Adhesive Performance of Woods Treated with Alternative Preservatives", Wood Science Technology 40: 228–236.

Lincoln, W., Walker, A., Makepeace, J. (1989); Encyclopedia of Wood: A Tree-By-Tree Guide to the World's Most Valuable Resource, Checkmark Boks.

Locke, P. (1990); "Timber Treatment", Society fort he Protection of Ancient Buildings: Information Sheet 2, London.

Locke, P. (1990); "The Surface Treatment of Timber-Framed Houses", Society fort he Protection of Ancient Buildings: Information Sheet 3, London.

Lodos, N. (1998); E.Ü. Ziraat fakültesi, Bitki Koruma Bölümü. Türkiye Entomolojisi VI. Yardımcı Ders Kitabı S:75-79 yay:529.

Loferski, J.R. (1999); "Technologies for Wood Preservation in Historic Preservation", Archives and Museum Informatics, Springer Netherlands, 13: 273-290.

Lukowsky, D. (2002); "Influence of the Formaldehyde Content of Waterbased Melamine Formaldehyde Resins on Physical Properties of Scots Pine Impregnated Therewith", Holz als Roh-und Werkstoff, 60:5.

Macgregor, J. (1997); Strengthening Timber Floors, Technical Pamphlets Published, SBAP Publications, London.

Mackhek, (2002); Non-destructive vibration method for wood attack studies, Ph.D. Research Project, Wageningen Universty.

Mai, C., Kües, U., Militz, H. (2004); "Biotechnology in the Wood Industry", Appl Microbiol Biotechnology, 63: 477–494.

Mattsson, J. (1996); Biodeterioration, Detection and Valuation of Decay in Wood Buildings, Oslo.

McDonald, A. G., Gifford, J.S., Steward, D., Dare, P.H., Riley, S., Simpson, I. (2004); "Air Emission from Timber Drying: High Temperature Drying and Re-Drying of CCA Treated Timber", Holz Roh Werkst 62: 291–302.

Meyer, O. E. (1970); "On Adult Weight, Oviposition Preference and Adult Longevity in Anobium Punctatum", Zeitschrift für angewandte Entomoligie.

Mitsui, K. (2006); "Changes in Color of Spruce by Repetitive Treatment of Light-Irradiation and Heat Treatment", Holz als Roh und Werkstoff 64: 243–244.

Moore, G.L. (1983); "The Effect of Long Term Temperature Cycling on Strength of Wood", Journal of the Institute Wood Science, 9(6): 264-267.

Muin, M., Tsunoda, K., (2003); "Preservative Treatment of Wood-Based Composites with 3-Iodo-2-Propynyl Utylcarbamate Using Supercritical Carbon Dioxide Impregnation" Japan Wood Research Society, Wood Science, 49: 430-436.

Nakano, T. (2005); "Effects of Quenching on Relaxation Properties of Wet Wood", The Japan Wood Research Society, Wood Science 112.

Nicholas, D.D. (1973); Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments, Vol I-II, Syracuse University Pres, New York.

Nicholas, D.D., Sıau, J.F. (1973); Factors Influencing the Treatability of Wood, Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments, Vol II, Syracuse University Pres, New York.

Nilsson, T., Daniel, G. (1990); "Structure and Ageing Process of Dry Archaelogical Wood", Advances in Chemistry Series 225, American Chemical Society, Washington, DC, p.67-86.

Oxley, R. (1999); "Is Timber Treatment Always Necessary?", SPAB Information Sheet, London, 20(4):13.

Örs, Y., Sönmez, A., Uysal, B. (1999); "Ağaç Malzemenin Yanmaya Dayanıklılığını Etkileyen Emprenye Maddeleri", Tr. Journal of Agriculture and Forestry, TÜBİTAK, 23(2): 389 – 394.

Panagiotakopulu, E. (2003); "Insect Remains from the Collections in the Egyptian Museum of Turin", Journal of Archaeometry, 45(2): 355.

Peterson, E.L. (1960); Forestry Research and Creative Forestry, Forest Products Laboratory, A Golden Anniversary Record, U.S.

Rackham, H. (1945); Pliny: Natural History, Vol.4, Harvard Universty Pres, Cambridge.

Rahman, M.M.; Chowdhury, U.K.; Mukherjee, S.C.; Mondal, B.K.; Paul, K.; Lodh, D.; Biswas, B.K.; Chanda, C.R.; Basu, G.K.; Saha, K.C.; Roy, S.; Das, R.; Palit, S.K.; Quamruzzaman, Q.; Chakraborti, D. (2001); "Chronic Arsenic Toxicity in Bangladesh and West Bengal, India: A Review and Commentary" Clin. Toxicol., 39(7): 683-700.

Remmers teknik föy (2007); Adolit FP 30

Remmers teknik föy (2007); Aidol Imprägniergrund GN

Richardson, B.A. (1993); Wood Preservation, E& FN Spon, 2nd edition, London

Ridout, B. (2004); Timber Decay in Buildings: The Conservation Approach to Treatment, Spon Press, London.

Ridout, B. (1992); "An Introduction to Timber Decay and Its Treatment", Scientific and Educational Services Ltd.

Rosel, A. (1952); The Breeding of Anobium. Preliminary Observations in Oviposition, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Progress Report 1.

Saarela, K-E., Harju, L., Lill, J.O., Rajander, J., Lindroos, A., Heselius, S., J. (1999); "Thick-Target PIXE Analysis of Chromium, Copper and Arsenic Impregnated Lumber", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 150: 234-239.

Saktın, M. (1996); Tekirdağ Eski Ahşap Evleri, Tekofset Matbaacılık, Tekirdağ.

Serdjukova, I.R. (1993); "Investigation of Digestive Enzymes of Some Wood-Boring Betle Larvae", Zoologicheeky Zhurnal, 72(6): 43-51.

Serez, M. (1993); Tekirdağ ve Çevresi Vakfiyeleri, Tekirdağ Valiliği Yayınları, Tekirdağ.

Schulze, B., Richly, W. (1965); On the Testing of Wood Preservatives on their Effectiveness in the Control of *Anobium Punctatum* de Geer, Holz als Roh und Werkstoff, Springer Berlin/Heidelberg (Springerlink 2007), 23(7): 284-288.

Simpson and Brown Architects (1995); "The Care of Historic Buildings and Ancient Monuments by Government Departments in Scotland", Historic Scotland in consultation with the Conservation Unit of the Department of National Heritage, Edinburgh, 86.

Shams, I., Yano, H., Endou, K. (2005); "Compressive Deformation of Wood Impregnated with Low Molecular Weight Phenol Formaldehyde (PF) Resin III: Effects of Sodium Chlorite Treatment", Wood Science, 51: 234–238.

Shams, I., Yano, H., Endou, K. (2004); "Compressive Deformation of Wood Impregnated with Low Molecular Weight Phenol Formaldehyde (PF) Resin I: Effects of Pressing Pressure and Pressure Holding", Wood Science 50: 337–342.

Sheard, L. (1988); "Ahşap Malzemenin Korunması: Geçerli Uygulama ve Araştırmalar", Hickon's Timber Products, Ahşap Malzemenin Korunması Semineri, MPM: 338, Ankara.

Siau, J.F. (1995); Wood: Influence of Moisture on Physical Properties, Department of Wood Science and Forest Products, Virginia Polytechnic Institute and State Universty.

Siau, J.F. (1984); Transport Processes in Wood, Springer, New York.

Slavid, R. (2005); Wood Architecture, Laurence King Publishing, London.

Slaytor, M. (1992); "Cellulose Digestion in Termites and Cockroaches: What Role do Symbionts Play?", Comparative Biochemistry and Physiology, 103b(4): 775-784.

Smith W.B., Taylor, M.C. (2001); "Effect of Drying Method on the Treatability of Several Eastern Softwoods", American Wood-Preserver's Assocation Publication.

Smith, A.H.; Arroyo, A.P.; Mazumder, D.N.; Kosnett, M.J.; Hernandez, A.L.; Beeris, M.; Smith, M.M.; Moore, L.E. (2000); "Arsenic-Induced Skin Lesions Among Atacameno People in Northern Chile Despite Good Nutrition and Centuries of Exposure", Environ. Health Perspect 108(7): 617-20.

Spiller, D. (1948); "Effect of Humidity on Hatching Eggs of the Common House Borer Anobium Punctatum de Geer", New Zeland Journal of Science and Technology, Sec.B, 30(3): 163-165.

Stušek, P., Pohleven, F., Capl, D. (2000); "Detection of Wood Boring Insects by Measurement of Oxygen Consumption", Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Jamnikarjæva 101, 1000 Ljubljana, Slovenia.

Sundqvist, B. (2002); "Color Response of Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway Spruce (*Picea abies*) and Birch (*Betula pubescens*) Subjected to Heat Treatment in Capillary Phase", Holz als Roh und Werkstoff, 60: 106-114.

Sümer, M. (1970); Tekirdağ'ın Eski Günleri, Tekirdağ Halk Eğitim Yayınları, Tekirdağ.

Temiz, A., Yıldız, A.C., Aydin, İ., Eikenes, M., Alfredsen, G., Çolakoglu, G. (2005); "Surface roughness and color characteristics of wood treated with preservatives after accelerated weathering test", Springerlink.

Thuvander, F., Wallström, L., Berglund, L.A., Lindberg, K.A.H.(2001); "Effects of an Impragnation Procedure for Prevention of Wood Cell Wall Demage due to Drying", Wood Science and Technology 34: 473-480.

Topçuoğlu, M., Erkan, T. (1986); Türkiye'nin Değişik İklim Bölgelerinde Denge Rutubetinin Saptanmasına İlişkin Araştırmalar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 159, Ankara.

TS 5561 EN 212 (2003); Ahşap Koruyucular – Ahşap Koruyuculardan ve Emprenye Edilmiş Ağaç Malzemelerden Numune Alma ve Analize Hazırlama Kılavuzu.

TS EN 350-2 (1999); Ahşap Ve Ahşap Esaslı Ürünlerin Dayanıklılığı Masif Ahşabın Doğal Dayanıklılığı- Bölüm 2:Avrupa'da Önemli Olan Bazı Ağaç Cinsleri Ahşaplarının Doğal Dayanıklılığı Ve Emprenye Edilebilirliğine Ait Kurallar.

TS EN 351-2 (1997); Ahşap Ve Ahşap Esaslı Malzemelerin Dayanıklılığı: Emprenye Edilmiş Masif Ahşap, Bölüm 2: Emprenye Edilmiş Ahşabın Analizi Gayesiyle Numune Alma Kuralları.

TS 788-1 EN 599 (1997); Ahşap Ve Ahşap Esaslı Ürünlerin Dayanıklılığı- Ahşap Koruyucu Emprenye Maddelerinin Biyolojik Deneylerle Tespit Edilen Performansı- Bölüm 1: Tehlike Sınıflarına Göre Özellikler.

TS 6193 EN 84 (1997); Ahşap Koruyucular – Emprenye Edilmiş Ahşabın Hızlandırılmış Eskitme Metodu İle Biyolojik Deneylere Hazırlanması - Yıkama Metodu.

TS 11072 (1993); Ahşap Koruma - Yer Üstü Yapılarda Kullanılan Ahşabın Emprenyesi

Tsunoda, Kunio (2001); "Preservative Properties of Vapor-Boron-Treated Wood and Wood-Based Composites", The Japan Wood Research Society, Journal of Wood Science, 47:149-153.

United Nations Environment Programme, Industry and Environment/Programme Activity Centre (1994); Environmental Aspects of Industrial Wood Preservation, a Technical Guide, United Nations, France.

Usta, İ. (2008); "Ağaç Malzeme Fiziksel Özelliklerinin Şematik Rehber ile Belirlenmesi", Mobilya Sanayinde Inovasyon Uygulamaları Sempozyumu, Eskişehir, Bildiri Kitabı: 73-82.

Wang, J.Y., Cooper, P.A. (2005); "Effect of Oil Type, Temperature and Time on Moisture Properties of Hot Oil-Treated Wood", Holz als Roh- und Werkstoff, 63: 417–422.

Wang, Q., Li, J., Winandy, J. E. (2004); "Chemical Mechanism of Fire Retardance of Boric Acid on Wood", Wood Science and Technology, 38: 375–389.

White, P.R, Rich, M.C. (1987); Female Sex Pheromone of the Common Furniture Betle *Anobium Punctatum* (Coleoptera: Anobiidae): Extraction, Identification, and Bioassays, Journal of Chamicel Ecology, Springer Netherlands, 13(7): 1695-1706.

Williams, L.H. (1983); "Wood Moisture Levels Affect Xyletinus Peltatus (Anobiidae) Infestations", Environmental Entomology, 12(1): 135-140.

Wolman (2003); The Double Vacuum Proses, Dr. Wolman GmbH, Sinzheim, Germany.

Wolman (2003); Pressure Treatment of Wood an Impressive Solution, Dr. Wolman GmbH, Sinzheim.

Wright, A. (1994); "Removing Paint from Old Buildings", Society fort he Protection of Ancient Buildings: Information Sheet 5, London.

Wyatt, T.D., Vastiau, K., Birch, M.C. (1997); "Orientation of Flying Male *Anobium* P*unctatum* (*Coleoptera*: *Anobiidae*) to Sex Pheromone: Separating Effects of Visual Stimuli and Physical Barriers to Wind", Journal of Web of Science, 22(2): 191-196.

Yalınkılıç, M.K. (1992); "Daldırma Ve Vakum Yöntemleriyle Sarıçam Ve Doğu Kayını Odunlarının Kreozot, Imersol – WR, Tanalith – CBC, Ve Tanalith –C Kullanılarak Emprenyesi Ve Emprenye Edilen Örneklerin Yanma Özellikleri", Orenko '92 1.Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi Bildiri Metinleri, Trabzon, 1: 373 – 402.

Yavuz, O., Şanlı, Y. (1999); "Halk Sağlığı ve Vektör Kontrolünde Pestisidler, Pestisid Formülasyonları ve Uygulama Seçenekleri", I. Seminer, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakoloji Anabilim Dalı, Ankara.

Zabel, R.A., Morrell, J.J. (1992); Wood Mycology, Academic Press, London.

Zabielska-Matejuk, J., Czaczyk, K. (2006); "Biodegradation of New Quaternary Ammonium Compounds in Treated Wood by Mould Fungi", Wood Science Technology, 40: 461–475.

Zwerger, K. (1997); Wood and Wood Joints, Building Traditions of Europe and Japan, Birkhäuser, Berlin.

TEŞEKKÜR

Danışmanım Prof.Dr. A.Gülçin Küçükkaya (Trakya Üniversitesi) ile tez izleme komitemde yer alan Doç.Dr. Ayten Sağıroğlu (Trakya Üniversitesi) ve Doç.Dr. Şaduman Sazak (Trakya Üniversitesi), tez çalışmasına başladığım günden itibaren görüş ve önerileriyle tezimin şekillenmesini sağlamışlardır.

Doç.Dr. İlker Usta (Hacettepe Üniversitesi) doktora çalışmamın başından sonuna kadar çalışmalarımı izlemiş, her ihtiyacım olduğunda zaman ayırmış ve önerileriyle destek olmuştur.

Yrd.Doç.Dr. İbrahim İçöz ve Öğr.Gör. Harun Eker (Namık Kemal Üniversitesi) deneysel çalışmalarımı gerçekleştirdiğim fiziki ortamın hazırlanması konusunda yardımcı olmuşlardır.

Yrd.Doç.Dr. Gülşah Çobanoğlu (Marmara Üniversitesi) deneysel çalışmalarımda kullandığım ahşap yapı üzerindeki biyolojik aktivitenin mikroskopik olarak incelenmesi ve resimlenmesi konusunda yardımcı olmuştur.

Remmers firması deneysel aşamada kullandığım koruyucu kimyasal maddeleri; Şişecam firması ise cam deney kaplarını temin etmiştir. Biyolojik deneyler için, Tekirdağ Rodosto Otel'e ait eski ahşap yapı kullanılmıştır.

TSE Merkez İnşaat Laboratuarı Ahşap Bölümü çalışanları mekanik testlerin yapılması konusunda; Tekirdağ İl Kontrol laboratuarı çalışanları ise biyolojik testlerin sonuçlarının laboratuar ortamında tespit edilmesi konusunda yardımcı olmuşlardır.

Tez çalışması Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, 728 Nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Yukarıda sözü edilen kişi ve kurumlara değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim.