

# **TARİHİ VE KÜLTÜREL AHŞAP MALZEMELERİN KORUNMASI**

**PROF. DR. ÜMİT CAFER YILDIZ**

**PROF. DR. SİBEL YILDIZ**

**Trabzon – 2023**

## GİRİŞ

Odun, geçmişten günümüze insanlık tarihinde çok önemli rol oynamıştır. İlk insanlar odunu öncelikle barınak olarak; daha sonraları yiyeceklerini pişirmek için kullanmışlardır. Odunu ayrıca alet ve silah yapımında da değerlendirilmişlerdir. Kollektif toplumsal yaşama geçen insanoğlu odunun çok önemli avantajlarını erken dönemlerde keşfetmiştir. Bu avantajlı yönler bugün için de geçerlidir: düşük özgül ağırlığına rağmen yüksek direnç özellikleri, kolay işlenebilmesi, geniş yayılım göstermesi, yenilenebilir bir kaynak olması ve estetik görünüşü...

Odunun kullanımını araştırmak insanlık tarihini araştırmakla eşdeğerlidir. Eski çağlardan günümüze kadar gelmiş değişik formlardaki odunların korunmasına büyük bir ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu ihtiyaç, sadece bu tarihi ve kültürel malzemeleri gelecek kuşaklara taşımak için değildir; aynı zamanda tarihsel süreçteki kültür ve iklim değişikliklerini incelemek ve bizzat odunun nasıl bir eskime (yaşlanma) süreci geçirdiğini anlamak için de gereklidir.

Bu kitapta, “arkeolojik odun” terimi, öncelikle “ tarihi ve kültürel bir değere sahip ahşap malzemeleri” ifade edecek şekilde geniş bir anlamda kullanılacaktır. Öyle ki; herhangi bir odun veya ahşap malzeme insanlık tarihinin gelişimi, kültürü veya iklim koşulları hakkında bilgi veriyorsa; ya da, odunun eskime (aging) sürecini incelemek üzere kullanılıyorsa böyle odunlara “arkeolojik odun” denilmektedir. Bunlara, ayrıca, “tarihi” veya “ön-fosilleşmiş” odun adı da verilmektedir.

Arkeolojik odunların mikro-yapısal, fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenirken, birbirinden çok farklı çevrelerden alınan odun örnekleri anlatılacaktır: (1) bataklıklardan, tatlı veya tuzlu sulardan alınan yaş haldeki odunlar, (2) mezarlıklardan ve eski meskenlerden alınan kuru haldeki odunlar, (3) tarihi binalardan veya sanat eserlerinden alınan yaş veya kuru haldeki odunlar.

## BÖLÜM 1

### ARKEOLOJİK ODUN KAVRAMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

#### 1.1. Arkeolojik Odun Kavramı ve Tanımı

Arkeolojik odun ne demektir? Tarihsel süreç içerisinde eski bir insanlık kültürü tarafından kullanılmış; kullanılması için veya kullanılması nedeniyle modifiye edilmiş veya edilmemiş; ve sonuçta planlı olarak veya kazaen kendine özgü doğal bir çevrede ıskartaya çıkmış ağaç malzemelere **arkeolojik odun** denilmektedir. Ancak, bu dar bir tanımlamadır. Çünkü çoğu kez kültürel olarak modifiye edilmiş yaşayan ve ölü ağaçlar (Avustralya yerlileri olan Aborjinlerin oymalı ağaçları gibi) ile uzun zamandır yaşayan, iri cüsseli anıt ağaçlar da arkeolojik olarak tanımlanmaktadır.

Arkeolojik odunlar genellikle denizden ve yaş haldeki karasal kazı yerlerinden kazılarak çıkartılmaktadır. Mısır'daki piramitler ve Çin tapınakları gibi halen ayakta olan eski yapılarda ağaç malzeme bulunmaktadır. Tarihi ve kültürel ahşabın korunduğu çevre şartları rutubetliden kuruya kadar değişkenlik göstermektedir. Böylece, arkeolojik odunlar suyla doymuş halden kuru hale kadar değişik rutubet miktarlarında olabilmektedir.

Kazı alanlarında bulunan arkeolojik odun (archaeological wood) ile eski, tarihi odun (ancient wood) kavramları aynı şeyi ifade etmektedir. Eski odunlara çoğu kez paleontolojik odun (paleontological wood) da denilmektedir. Gerek arkeolojik gerekse paleontolojik odunların her ikisi de doğal bazı şartlar altında saklı kalmış ve orada değişikliğe uğramışlardır. Normalde bu değişiklikler odunu eninde sonunda toz, humus veya kömür haline dönüştürebilmekte veya onu mineralize etmektedir. Bu değişiklikler, arkeolojik odunun içinde bulunduğu şartlara bağlı olarak meydana gelmektedir. Ancak çoğunlukla, ağaç malzeme bir yeryüzü katmanı içinde stabilize olmuş halde bulunmakta; adeta kazı alanının tarihini belgeleyen bir zaman kapsülü halini almaktadır. Yeryüzü katmanının her tarafta eşit olan ortam şartları, ağaç malzemenin ayakta kalmasını sağlamaktadır.

Çoğu arkeolojik odunlar yeryüzü katmanlarının ilk oluşum devrelerinden kalmadır. Yeryüzü katmanlarının oluşumu doğal bir süreçtir ve bu süreçte tortu materyalleri yavaşça yoğunlaşmakta ve sonuçta kayaya dönüşmektedir. Bu doğal dönüşüm sürecinde 2000 yıl, hatta 25.000 yıl kısa bir zaman dilimi sayılmaktadır. ,

Arkeolojik odunların kimyasal ve fiziksel durumu normal oduna yakın olabildiği gibi çok farklı da olabilmektedir. Bu değişkenlik tek bir arkeolojik odun örneğinde de var olabilmektedir, çünkü bozunma çevreseldir; yani, dıştan merkeze doğru gelişmektedir. Dolayısıyla, arkeolojik bir odun örneğinin iç kısmı normal (sağlam) oduna yakın özellikler sergilerken, dış kısmı bozunmuş

olabilmektedir. Bu değişkenlik; ağaç türü, üretim ve kullanım tarihi, kalıntının zamanı ve içinde bulunduğu şartlar gibi bir dizi etmene bağlı olarak açıklanabilmektedir.

## **1.2. Arkeolojik Odunun Karakteristikleri**

### **1.2.1. Analizin Amacı**

Arkeolojik odunların fiziksel ve kimyasal özellikleri iki amaca yönelik olarak analiz edilmektedir: bunlardan birincisi bozunma sürecinin anlaşılmasını sağlamak, diğeri arkeolojik odunu stabilize etmek için mantıklı bir koruma işleminin tasarlanmasına yardım etmektir. Örneğin; içinde bulunduğu duruma bağlı olarak, rutubetli veya suyla aşırı doymuş haldeki (waterlogged) odun kurutulduğu takdirde, hücre çeperindeki/hücredeki çökme ve daralmalar nedeniyle çok önemli boyutsal değişikliklere maruz kalabilmektedir. Bu olumsuz değişim, nesnenin bütünlüğünü bozmamak bakımından, mutlaka önlenmelidir.

### **1.2.2. Kimyasal Değişiklikler**

Arkeolojik odunlarda birçok kimyasal değişiklikler meydana gelebilmektedir. Böyle bir odun normal kimyasal yapısında kalabilir (yani lignin, selüloz, hemiselüloz ve pektin gibi temel kimyasal bileşenlerle ekstraktif maddeler ve inorganik maddeleri aynı oran ve miktarlarda ihtiva edebilir) veya bu kimyasalların miktar ve oranları değişmiş olabilir. Arkeolojik odun tamamen selülozik ve lignitik yapıda olabilir veya bu ikisinin bir kombinasyonu halinde kalabilir. Organik kimyasal maddelerin yerini inorganik kimyasal maddeler alabilir ve odun mineralize olabilir.

Kazı yapıldığında kuru halde bulunan arkeolojik odunlar, suyla aşırı doymuş odunların kurutulmasında söz konusu olan sorunları ortaya koymazlar. Kuru odunun analizi ve koruyucu işleme tabi tutulması, suyla aşırı doymuş oduna nazaran daha az çetrefillidir. Bu nedenle, bu bölümde bundan sonraki kısımlarda suyla aşırı doymuş odun üzerinde daha çok durulacaktır.

1-17. yüzyıllar arasında değişik zamanlardan kalma, kalıntı tekne örnekleri üzerinde yapılan incelemelere göre; bir tekne odunu örneğinde su miktarı arttıkça bağlı selüloz miktarı azalmakta, lignin miktarı ise artmaktadır. Tabi ki, istisnai durumlar da mevcuttur. Odun örneklerinin iç ve dış kısımları karşılaştırıldığında; genel olarak, dış kısımlarda su ve inorganik madde miktarının çok, biyopolimer (lignin) kaybının fazla olduğu ortaya çıkmaktadır: Örneklerin iç (veya merkez) kısımları ise birçok durumda, normal odunlara benzer oranlarda kimyasal maddeleri ihtiva etmektedir. Burada da istisnalar söz konusudur. Bu istisnalar muhtemelen arkeolojik odunun çıkartıldığı kazı yerinin çevre şartlarından veya standart analiz yöntemlerindeki kayıplardan kaynaklanmaktadır.

**Yöntem Standardizasyonu.-** Arkeolojik odun uzmanları bu odunlar için TAPPI (Technical Association Pulp and Paper Industry) (Kağıthamunu ve Kâğıt Endüstrisi Teknik Birliği) tarafından yaşı haldeki odunlar için standardize edilmiş yöntemlerin kullanılmasını önermektedir. Ancak, bu standartların kullanıldığı kimyasal analiz çalışmalarında sorunlar ortaya çıkmaktadır. Öyle ki analiz sonucunda toplam madde miktarı % 100'e eşit olmalıyken bu oranı aşmakta; bu durum analizlerde bir veya daha çok bakımdan problem olduğunu ortaya koymakta, lignin analizi şüpheli bulunmakta ve selüloz miktarı çok yüksek çıkabilmektedir. Bazı örneklerde yüksek demir içeriği bulunmuş olup bu durum analiz sonucunu etkileyebilmektedir.

TAPPI analiz yöntemleri normal odun için tasarlanmıştır. Arkeolojik odunlardaki gibi bozunmuş kimyasal maddelerin karakterizasyonu ve miktarlarının belirlenmesi için geliştirilecek bir yöntemin daha uygun olacağı ve bu tip problemlerin bir kısmını çözüme kavuşturabileceği aşîkârdır.

**Değişikliğe Uğramış Kimyasal Maddeler.-** Arkeolojik odunlarda bulunan değişikliğe uğramış kimyasal maddeler için daha incelikli (rafine) analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Örneğin üç polisakkarit olan selüloz, hemiselüloz ve pektinin bireysel şeker birimleri ve ligninin fenol birimleri analiz edilmektedir. Bu yaklaşım, arkeolojik odunlardaki kimyasal bileşenlerin nasıl bozunduğunu ve bunların nasıl bir koruma işleminden geçirileceğini anlayabilmek açısından büyük bir imkân sunmaktadır.

Kazı alanlarından elde edilen beyaz meşe (yaklaşık 25.000 yıllık), kızılâğaç ve Sitka ladini (2500 yıllık) örnekleri analiz edilmiştir. Ladin odunu önemli bir biyopolimer kaybı veya bozunması göstermemiştir. Buna karşılık, ladinle aynı kazıdan çıkartılan kızılâğaç örnekleri önemli ölçüde -beyaz meşe örneği gibi-değişikliğe uğramıştır. Bu örneklerde yapılan şeker ve fenol analizleri göstermiştir ki, kimyasal bozunmalar ve kayıplar söz konusudur. Kızılâğaç ve beyaz meşe örneklerinde ayrı ayrı olmak üzere; polisakkaritlerin % 90 ve 98'i ve ligninin % 15 ve 25'i bozunmuş veya kaybolmuştur. Analizlere göre, vanilil ve/p-hidroksil lignin birimleri en dayanıldı (stabil) olanlardır; bunları sirîngil lignin birimleri izlemektedir. Nötral şeker analizlerine göre; arabinoz, galaktoz, fukoz ve ramnoz birimleri en az bozunmakta, glukoz, mannoz, ksiloz, liksoz ve riboz birimleri ise en çok tahrip edilmektedir.

Odundaki biyopolimerlerin bozunma sıralaması lignin, pektin, a-selüloz ve hemiselüloz şeklindedir. Diğer yandan, on milyon yıllık bir kazı alanında bulunan odun örneklerinde selülozun %22'sinin kalmış olduğu bulunmuştur. Otuz milyon yıllık odun örneklerinde selülozun %30'unun kaldığı; yüz milyon yıllık örneklerde ise selülozun bulunmadığı, geriye sadece ligninin kaldığı tespit edilmiştir.

***İnorganik Maddeler.-*** Kayalaşma süresince, organik maddelerin yerini alan inorganik madde tipleri kazı yapılan yerin çevresel şartlarına bağlıdır. Denizden elde edilen taşlaşmış odunlarda fosfatlar ve silikatlar bulunurken, karasal kazı alanlarından elde edilen örneklerde kalsiyum mineralleri tespit edilmiştir. Gemi enkazlarında ise her zaman yüksek demir muhteviyatı söz konusu olmaktadır.

### **1.3. Mikromorfolojik değişiklikler**

Kimyasal analizler ağırlıkça yapılan analizlerdir. Ancak, odunun hücrelerden oluşan bir dokusu bulunmaktadır. Odunun bütünlüğü dokunun ve hücrenin bütünlüğüne bağlıdır ve yalnızca kimyasal analizlerle anlaşılabilmesi mümkün değildir.

Dokubilimsel (histolojik) analizler arasında ışık mikroskobu, floresan mikroskobu, polarizasyon mikroskobu, taramalı elektron mikroskobu (TEM), ve odun bileşenlerinin seçilerek renklendirilmesi ve uzaklaştırılması uygulamaları yer almaktadır. Bu dokubilimsel analizler, bozunmuş odundaki kimyasal kayıp ve değişmelerin sonuçlarını hücresel ve dokusal olarak yansıtır göstermektedir. Hücresel seviyede, hücre çeperi tabakalarının (S1, S2, S3) kalınlıklarındaki değişmeler, mantar oyukları, bakteri tahribatı ve inorganik maddelerin çökmesi gözlenmektedir. Dokusal seviyede ise boyuna ve radyal yöndeki özışını ve parانشim hücreleri, yıllık halkaların ayrılması ve traheitler gibi belirgin kayıplar incelenmektedir.

Değişik hücre tiplerinin degradasyona karşı gösterdiği direnç değişkenlik göstermektedir. Örneğin, Holland ı di Ortaçağın sonlarından kalma bir liman enkazında buluna meşe odunu tamamen suyla aşırı doymuş (waterlogged) vaziyette ele geçmiş ve dokubilimsel analizlere tabi tutulmuştur. Buna göre, polarizasyon mikroskobuyla yapılan incelemelerde çok az kristal selüloza rastlanmıştır. Bu çok az miktardaki kristal selülozun orta lamel-primer çeper kompleksiyle büyük trahelerin tüllerinde bulunduğu görülmüştür. Trahelerdeki tül oluşumlarının bozulmadan kaldığı, hiçbir değişikliğe uğramadığı ve hatta yüzlerce yıl önce odun büyürken tüllerde tutulan havanın bile varlığını koruduğu tespit edilmiştir. Bu trahelere komşu olan hücreler yalnızca amorf kimyasal maddelerden oluşan lif hücreleridir. Bu lif hücreleri (traheitleri) hidratlanmış ve hücre lümenlerinden daha fazla olmayan bir dereceye kadar genişlemiş, şişmişlerdir. Kurutma esnasında, bu komşu lif hücrelerinden ötürü trahelerde herhangi bir kollaps veya daralma meydana gelmemiştir.

### **1.4. Arkeolojik Odunun Kurutmaya Tepkisi**

Arkeolojik odun, herhangi bir işleme tabi tutulmadan kurutulursa, çok büyük oranda boyutsal değişmelere ve çarpılmalara uğrayabilmektedir. Kimyasal madde kayıpları ve mikromorfolojik

değişiklikler hakkında elde edilen bilgiler kurutmaya karşı bu büyük tepkiyi açıklayabilmektedir.

Arkeolojik odundaki boyutsal değişimler iki ayrı olaydan kaynaklanmaktadır: daralma ve kollaps. Daralma hücre çeperinde meydana gelmektedir. Kollaps karşı hücrelerin çeperlerinin birbiri üzerine katlanması anlamına gelmektedir. Kollaps lif doygunluk noktası (LDN) üzerinde kapılar kuruma gerilmelerinin bir sonucu olarak oluşmaktadır. Hücre çeperi daralması ise, LDN altında su kaybı ve devamındaki boyutsal değişiklik sonucunda meydana gelmektedir.

Diğer yandan, çok bozunmuş arkeolojik odunların hücre boşluklarını dolduran ve şişiren amorf kimyasal maddelerin kuruması ve ardından daralmasının da kol lapsın nedenleri arasında sayılabileceği belirtilmektedir.

Aşırı degrade olmuş odundaki daralma isotropiktir ve radyal, teğetsel ve boyuna yönde çatlaklara yol açmaktadır. Bu çatlaklar kübik yapıdadır ve pul pul dökülmelere neden olurlar.

Kurutmadaki en tahrip edici öge, bir odun parçası içindeki kuruma kuvvetlerinin değişkenlik göstermesidir. Daha çok tahrip edilen yüzeyler iç kısımlara göre daha fazla değişikliğe uğramaktadır. Bu da yeni gerilmelerin oluşmasına sebep olmaktadır. Tersisi durum da söz konusudur. Örneğin; yağlı karakterde maddelerle muamele edilmiş arkeolojik bir odunda, yüzeydeki boyutsal değişimler iç kısımlardan daha az olmuştur. Bunun sebebi, yüzey kısımlarda suyun yağlı karakterdeki maddeyle yer değiştirmesi ve iç kısımda yüzeye göre çok daha fazla su bulunmasıdır.

### **1.5.Fiziksel Özelliklerdeki Değişiklikler**

Arkeolojik odunun kimyasal yapısı değiştiğinden ve kimyasal madde kaybı olduğundan ve ayrıca doku bütünlüğü bozulduğundan direnç özelliklerinde de önemli oranda değişkenliklerin olduğu gözlenecektir.

Birçok durumda, arkeolojik odunların direnç özellikleri dikkate alınmamaktadır. Ancak, istisnalar da mevcuttur. Eğer arkeolojik odun nesnesi taşıyıcı bir bileşense, bu durumda direnç dikkate alınmaktadır. Örneğin, Wasa gemisinin kaburga kısımlarının direnci belirlenmiştir. Bu, gemide var olan kalıntı direncin bütün yapıyı taşıyıp taşıyamayacağından emin olmak için yapılmıştır. Direnç aynı zamanda eski ahşap binalarda da bir sorun olmaktadır. Örneğin, Çm tapınaklarındaki 900 yıllık yapı kerestelerinin mekanik özellikleri, muhtemelen moleküler olarak bağlı bulunan suyun kaybedilmesi sonucu % 30-50 oranında azalmıştır.

## BÖLÜM 2

### YAŞ HALDEKİ ARKEOLOJİK ODUNLARIN YAPISI VE BOZUNMA SÜRECİ

#### 2.1. Yaş Haldeki Arkeolojik Odunlar (Waterlogged Archaeological Wood)

Yaş haldeki arkeolojik odun teriminden; arkeologlar tarafından büyüklüğüne, türüne, yaşına ve korunma durumuna bakılmaksızın çıkartılan ve suyla aşın doymuş ağaç malzemeler anlaşılmaktadır. Tamamıyla anlaşılmıştır ki; odunun suyla aşın doymuş (waterlogged) hale gelmesi birkaç on yıldan /milyonlarca yıla kadar değişen bir sürede olabilmektedir. Çok eski ahşap malzemelerin su seviyesinin altından çıkartıldıklarında çoğu kez şaşırtıcı biçimde korunmuş oldukları görülmekte, fakat bunlar normal atmosfer koşullarına bırakıldıklarında stabilitelelerini kaybetmektedir. Bu tip malzemeler çok şiddetli bir biçimde daralmakta, çarpılmakta ve kamburlaşmaktadır.

Öncelikle belirtmek gerekir ki; bu çeşit arkeolojik odunlar normal taze haldeki odunlardan farklı bir yapıya sahip olmalıdır. Bu tip ahşap malzemeleri stabilize etmenin yolunu bulmak durumunda olan korumacıların (konservatörlerin, uygun koruma yöntemini seçmek ve geliştirmek için materyalin makroskopik ve mikroskopik özelliklerini bilmeleri şarttır. 60 yılı aşkın bir süresidir, botanikçiler ve odun bilimciler, bozunmuş odun, fosil odun ve karbonizasyon sürecindeki odunla ilgili fiziksel, kimyasal, elektron mikroskopik ve mikroskopik bilgileri yayımlamaktadır.

#### 2.2. Yaş Haldeki Odunların Yapısal Özellikleri

Burada meşe, dişbudak, karaağaç, akkavak ve ladin türlerine ait yaş haldeki arkeolojik odunların yapısal özellikleri hakkında deneysel sonuçlara yer verilecektir.  $U_{max}$  maksimum su miktarını ifade etmek üzere, örneklerdeki özgül ağırlık ( $R_g$ ) değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$R_g = \frac{100}{U_{max} + 66.7}$$

Buna göre; örneklerde yapılan kimyasal analizlerin sonuçları Tablo 1’de özetlenmektedir.

Yas haldeki arkeolojik odunların taze kesilmiş enine kesitlerinde çoğu durumda birbirinden farklı zonlar gözlenmektedir. İki veya daha fazla zon, renk ve sertlikteki ( iğne ucuyla kaykıltmak suretiyle belirlenen) farklılıklar itibariyle ayrımlanabilmektedir. Eğer herhangi bir zon farkı gözlenmiyorsa, ya odun baştanbaşa çok yumuşak olacaktır ya da yaklaşık taze haldeki odun kadar sert olacaktır. İkinci durumda, sert odun tabakasının hemen etrafında çok ince (1-2 mm) daha yumuşak bir doku zonu muhtemelen bulunmaktadır.

Enine kesitte daha sert olan kısımlar çoğu kez yönlü bir görünüm arz etmektedir. Bunun sebebi yüzeylerden kalkan lifler olmaktadır. Yumuşak kısımlar daha ziyade temiz kesilmiş bir yüzey görüntüsündedir. Bu kısımlarda lif hücrelerinin makaslama direnci adeta kaybolmuş durumdadır. Odunu ellerimiz arasında sıkmak suretiyle böyle bir dokudan suyu kolaylıkla çıkarmak mümkündür. Arkeolojik odundaki zon oluşumu, yani sert i kısmın ve yumuşak bir dış dokunun bulunması, bozunmanın yüzeyden içeriye doğru olduğunu düşündürmektedir.

Tablo 1. Arkeolojik ve taze haldeki odunların kimyasal analiz sonuçları.

| Örnek         | Umax*  | %1'lik<br>NaOH'da çöz. | Sıcak Su<br>Ekstraks. | Lignin | Holoselüloz | Kül  | Bileşenlerin<br>Toplamı |
|---------------|--------|------------------------|-----------------------|--------|-------------|------|-------------------------|
| Meşe          |        |                        |                       |        |             |      | -                       |
| Taze Odun     | 105.6  | 19.9                   | 4.6                   | 19.2.  | 89.2        | 0.1  | 104.1                   |
| Arkeo.odun İç |        |                        |                       |        |             |      |                         |
| kısım         | 141.5  | 19.0                   | 9.1                   | 22.6   | 62.9        | 2.6  | 97.2.                   |
| Dış kısım1    | 369.9  | 25.7                   | 4.9                   | 34.8   | 52.9        | 5.1  | 97.7                    |
| Dış kısım2    | 850.7  | 50.1                   | 10.9                  | 53.C   | 19.5        | 10.6 | 94.6                    |
| Dişbudak Taze | 142.9  | 23.9                   | 6.4                   | 17.0   | 78.7        | 0.6  | 102.7                   |
| odun          |        |                        |                       |        |             |      |                         |
| Arkeo.odun İç | 216.8  | 14.4                   | 7.8                   | 223    | 61.8        | 2.4  | 94.3                    |
| kısım         |        |                        |                       |        |             |      |                         |
| Dış kısım     | 650.9  | 44.0                   | 9.9                   | 55.5   | 15.9        | 13.4 | 94.7                    |
| Karaağaç Taze | 112.9  | 18.3                   | 3.4                   | 19.1   | 81.7        | 0.3  | 104.3                   |
| odun          |        |                        |                       |        |             |      |                         |
| Arkeo.odun İç | 227.6  | 17.2                   | 6.2                   | 28.8   | 60.6 L,     | 2.1  | 97.7                    |
| kısım         |        |                        |                       |        |             |      |                         |
| Dış kısım     | 319.2  | 27.3                   | 7.9                   | 27 7   | 58.5 )      | 6.1  | 100.2                   |
| Kavak Taze    | 133.5  | 22.2                   | 7.8                   | 16.6   | 78.5        | 0.5  | 103.4                   |
| odun          |        |                        |                       |        |             |      |                         |
| Arkeo.odun İç | 260.9  | 14.4                   | 6.4                   | 23.0   | 66.         | 5.5  | 101.4                   |
| kısım         |        |                        |                       |        |             |      |                         |
| Dış kısım     | 1046.7 | 62.2;                  | 6-10                  | 55.4 * | ,13.3,      | 21.8 | 100                     |
| Ladin Taze    | 232.7  | 9.1                    | 3.5                   | 28.6   | 76.1        | 0.4  | 109.0                   |
| odun          |        |                        |                       |        |             |      |                         |
| Arkeo.odun İç | 181.2  | 9.5                    | 1.9                   | 28.0   | 68.2        | 1.7  | 100.9                   |
| kısım         |        |                        |                       |        |             |      |                         |
| Dış kısım1    | 371.3  | 19.8                   | 4 4                   | 31.5   | 54.2        | 4.7  | 96.3                    |
| Dış kısım2    | 546.0  | 44.0)                  | -                     | 52.4 ; | 29.1        | 17.5 | 99.0                    |

NOT: tüm değerler ekstrakte edilmemiş oduna göre hesaplanan yüzde değerlerdir.

\* : maksimum su içeriği

### 2.3. Genel Değerlendirme

İncelenen yaprak 11 ağaç türlerinde, hücre çeperinin sekonder tabakasının genişlemesi sonucu lignin-selüloz kompleksinin mikroskobik yapısı gevşemekte ve hemiselülozlarm hidrolizi başlamaktadır. Bu süreç ya çok hızlı bir biçimde yayılım göstermekte ya da bir odun parçasının bütününde ani bir biçimde meydana gelmektedir. Ladin odununda, herhangi bir genişleme görülmemiştir.

Sekonder hücre çeperinin iç tabakaları olan S2 ve S3 'deki selüloz ya hücre boşluğu kenarından ya da S1-S2 sınırından itibaren bozunmaya başlamaktadır. Selülozun kristal yapısı

kırılmakta ve selüloz/ zincirinin makromolekülleri degrade olmakta ve çözünmektedir. Kalıntı lignin çatısı, daralabilen ve henüz sağlam ve orta lamele bitişik olan S1 tabakasından itibaren gevşeyebilen bir toz döküntü haline doğru dejenere olmaktadır. Daha sonra ince bir tabaka olan S1 tabakası bozunmakta, sonuçta geriye sistem bileşeni olarak sadece orta lamel kalmaktadır.

Sekonder hücre çeperinin bu kademeli degradasyonu odunun yüzeyinden başlamakta ve yavaşça iç kısımlara doğru ilerlemektedir. Bu süreç, komşu hücrelerde aynı durumun oluşup oluşmamasından bağımsız kalarak, tek bir hücre çeperi içerisinde son aşamasına kadar gelişmektedir. Çünkü aynı dokuda tamamen bozunmuş ve hiç bozunmamış hücreler bir arada bulunmuştur.

Odun hücre tipleri arasında dayanıklılık bakımından küçük farklar bulunmaktadır. Bu farklar bütün türlerde tam olarak aynı değildir. Kimi zaman traheler ve parankim hücreleri lif hücrelerinden (lif traheitleri, libriform lifleri, vb.) daha dayanıklı olurken, kimi zaman bunu tersi de söz konusudur. Farklı tipteki karbonhidratların ve ligninin hücre çeper tabakaları ve hücre tipleri arasındaki dağılımı değişkenlik göstermektedir. Hücre tiplerinin ve hücre çeperi bileşenlerinin dayanımındaki farklar, hücreleri oluşturan temel birimlerin bozunmalarındaki farkların belirlenmesiyle açığa kavuşmuştur. Buna göre; p-Hidroksil ve vanilil lignin birimleri en dayanıklı yapısal birimler olarak saptanmış, bunları sırasıyla siringil lignin, pektin, *a*- selüloz ve hemiselüloz birimleri izlemiştir.

Odunun bütününe bakıldığında, sekonder çeperin toplam degradasyonu odun yüzeyine koşut olarak ilerlemektedir. Bozunmuş ve bozunmamış alanlar arasındaki arayüzey meşe ve / dişbudakta çok belirgin karaağaç ve kavakta daha yaygın (birbirinin içine geçmiş) biçimdedir. Ladinde ise birkaç mm kalınlığında bir geçiş zone bulunmaktadır.

Bozunmanın odunun içine doğru ilerleme hızıyla ilgili net bir şey söylemek mümkün olamamaktadır. Bu ilerleme hızı, her bir parça odunun kazı ortamında bulunduğu şartlara, onu etkileyen yer altı sularının kimyasal yapısına ve ağaç türüne bağlı olarak değişmektedir. Bilindiği üzere ağaç türleri anatomik yapı, permeabilite ve bir dereceye kadar kimyasal kompozisyon bakımından farklılıklar içermektedir. Hücre çeperinin' mikroskobik yapısı üzümde sert bir tabaka teşkil eden ekstraktif maddelerin doğal yapısı ve miktarı hücre çeperi karbonhidratlarını hidrolize karşı korumakta, bu durum degradasyonu azaltabilen bir etmen olarak ele alınmaktadır.

Sonuçta bir arkeolojik odunda normal oduna göre kalan kısım az miktarda kalıntı kristal selülozu da içeren zayıf bir orta lamel sistemidir. Birbiriyle bağlantısı kopmuş lignin kalıntıları bu kırılğan odun çatısına eklemlenmiş durumdadır. Böyle bir odun yaş halde kaldıkça yani suyla şişirilip desteklendikçe belli bir fiziksel dirence sahip olmaktadır.

Bu kısımda verilen bilgilere dayanılarak söylemek gerekirse, yaş haldeki arkeolojik odunların korunmasında birbirinden farklı yaklaşımlar uygulanmalıdır. Bozunan dokunun yapısına bağlı

olarak sadece kurumayla meydana gelecek aşırı daralmayı önlemek üzere bir yöntem ortaya koyulabilir. Diğer yandan, fazlaca bozunmuş dokularda hücre çökmelerinin önlenmesine ve fiziksel güçlendirmeye ihtiyaç gösteren arkeolojik odun örnekleri de bulunabilmektedir.

Bir arkeolojik odun hem az bozunmuş hem de çok bozunmuş dokuları bir arada içerebilir. Bu iki farklı zon birbirinden farklı davranacak ve koruyucu işlem sırasında bozunma bölgesinden itibaren birbirlerinden ayrılma eğilimi içerisinde olacaktır. Birçok durumda, böyle arkeolojik odunlar iki ayrı işleme gereksinim duyacaktır. Yani, iki farklı zon için iki ayrı koruma işlemi uygulamak gerekecektir.

## BÖLÜM 3

### KURU HALDEKİ ARKEOLOJİK ODUNLARIN YAPISI VE BOZUNMA SÜRECİ

#### 3.1. Kuru Haldeki Arkeolojik Odunlar (Dry Archaeological Wood)

Odun uzun yıllardır insanoğlunun hizmetindedir. İnsanlar ilk barınaklarını ve daha sonra gelişmiş konutlarını odundan inşa etmiş, ayrıca bu konutlar içinde bir takım ahşap nesneler kullanmıştır. Bu ahşap nesnelerin en azından konut sağlam kaldığı sürece kuru kalması için ona uygun bir ortam oluşturulmuştur. Her şeyden daha çok dini inançlar eski ahşap malzemelerin kuru kalmasına katkı sağlamıştır. Bu yüzden böyle ahşap malzemelere büyük oranda tapmaklar, piramitler ve türbelerde rastlanılmaktadır. En eski kuru arkeolojik odun örnekleri 4000-5000 yaşındadır. 4500 yıllık yaşayan ağaçların bilindiği bir dünyada bu yaş değeri dikkate değer bulunmamaktadır.

Kuru haldeki arkeolojik odunların incelenmesinde aşırı dikkat gösterilmelidir. Bir odunun bütün geçmişi boyunca kuru halde kalıp kalmadığını tespit etmenin bir yolu yoktur. Sızıntılar, sel baskınları ve diğer benzeri olaylar odunun suyla temas etmesi için bir veya daha fazla fırsat meydana getirebilir. Yapılan çalışmalar kuru halde bulunan odun kısımlarının daima nemden korunmuş olmadığını göstermektedir. Odunun tarihsel süreçte zaman zaman suyla temas etmesi sonucu oluşan mikrobiyolojik saldırılar, daha sonra odunun eskimesinden kaynaklanan yapısal değişikliklermiş gibi yanlış algılanabilmektedir.

Kuru haldeki arkeolojik odunlarda yapılan çalışmalarda bazı mantar liflilerine daima rastlanılmıştır. Bu durum, bazı aşamalarda odunun içerisinde mantar gelişiminin ve enfeksiyonunun olduğuna işaret etmektedir.

#### 3.2. Kuru Haldeki Arkeolojik Odunların Yapısal Özellikleri

Işık mikroskopuyla yapılan çalışmalarda, kuru haldeki arkeolojik odunların tamamında mantar hüfleri ve bakteriler görülmektedir. Ancak, önemli bir büyüme veya çoğalma durumu yoktur. Sadece az sayıda bazı örneklerde mikrobiyolojik degradasyonun güncel olarak devam ettiği saptanmıştır.

Mısır medeniyetine ait mumya sandukalarından alınan, MÖ. 1000 2000 yıllarından kalma olduğu sanılan ve türü belirlenemeyen bir yapraklı ağaç odunu incelenmiş ve yumuşak çürüklüğe maruz kaldığı gözlenmiştir. Mantar hüfleri çok yaygındır ve tipik yumuşak çürüklük oyuk formasyonları hücre çeperinde görülmektedir. Enzimatik aktivitenin yalnızca oyuklar çevresindeki yakın kısımlarda etkili olduğu belirlenmiştir. Mikroskobik seviyede bu oyukların biraz uzağındaki

hücre çeperi yapısının günümüzdeki odun yapısına benzer olduğu da ortaya çıkarılmıştır. Orta lamel ve bütün çeper tabakaları sağlam görünmektedir. Hücre çeperi tabakalarında herhangi bir kayıp veya delaminasyon ( tabakalaşmanın bozulması) gözlenmemiştir.

Diğer bir araştırmada, 748 ve 1127 yaşında olduğu tespit edilen dıglas göknarı örnekleri incelenmiştir. Daha genç olan örneğin dış kısımlarında hafif bir yumuşak çürüklük etkisi görülmüş olup bu durum örneğin bazı zamanlarda ıslak halde kaldığına işaret etmektedir. Duglas göknarı örneklerinde yapılan elektron mikroskobu incelemeleri, bu arkeolojik odun örneklerinin günümüzdeki odun örneklerinden ayırt edilemeyeceğini ortaya koymaktadır. Kenarlı geçitlerde, geçit zarlarında, karşılaşma yerlerinde ve traheit çeperlerindeki spiral kalınlaşmalarda yapılan detaylı kıyaslamalar bunu doğrulamaktadır.

Yaklaşık 2000 yıllık bir tapmakta bulunan, yapraklı ağaç türü *Pistacia*'dan elde edilmiş bir arkeolojik odun örneğinde yapılan incelemede, büyük traheler içinde oldukça iyi gelişmiş tül oluşumlarının bulunduğu görülmektedir. Tül çeperleri çok incedir ve geçitlere sahiptir. Tüller içinde çok sayıda karakteristik kristallere ve nişasta kürelerine rastlanmaktadır.

*Pistacia* odununun enine kesitindeki görünümüler hücre çeperinin mikroskobik yapısının bir hayli sağlam kaldığını ispat etmektedir. Hücre çeper tabakalarının genişlemesi ve buna bağlı olarak S3 tabakasının buruşması rastlanan en yaygın özelliktir. Fibril yapısının çok iyi korunduğu orta lamel ve hücre çeperinin sağlam kaldığı gözlenmektedir. Zaman zaman orta lamel ve hücre çeper tabakaları içinde ayrışmalar olsa bile arayuzlerde belirgin çözümler söz konusu değildir. Buna karşın, orta lamelin köşelerinde bölünmelerden kaynaklanan yarılma ve çatlaklara sık sık rastlanılmaktadır.

3500 yıllık bir arkeolojik akasya odununda da mikroskobik yapının tıpkı *Pistacia* odunundaki gibi son derece iyi korunduğu gözlenmektedir. Yalnız, bu türde yarık ve çatlakların sayısı daha fazladır. Yarık ve çatlaklar en çok orta lamelde görülmekle birlikte, bazen S2 tabakasında da bulunmaktadır.

3150-3400 yıllık bir arkeolojik *Tamarix* (yapraklı ağaç) odununda da hücre çeperinin mikroskobik yapısını koruduğu, /aman zaman bazı yarık ve çatlaklara rastlandığı ortaya çıkmıştır.

**Böcek saldırılarından sonraki yapısal değişiklikler.-** Birçok böcek türü kuru odunu bir besin kaynağı olarak tüketme kabiliyetindedir. Bunların en bilinen örnekleri ev teke böceği (*Hylotrupes bajulus*), mobilya böceği (*Anobium punetatum*) ve çeşitli termit türleridir. Parke böcekleri (*Lyctus* spp.) odun bileşenlerini değil, fakat paransim hücrelerindeki nişastayı besin maddesi olarak kullanmaktadır. Odun arıları ( *Campanotus* spp.) gibi bazı böcekler de odunda kazıntılar oluşturmakta fakat onu besin kaynağı olarak kullanmamaktadır.

Kum odunun eskimesinde (aging) az miktarda yapısal değişiklik olmasına karşılık, böcek

saldırıları sonucu önemli miktarda odun bileşeninin ayrışması ve kaybolması ile birlikte makroskopik olarak bile görülebilen çok belirgin değişimler meydana gelmektedir.

Ev teke böceği, mobilya böceği ve parke böceğinin larvalarını bırakmak için odunda boydan boya açtıkları çok sayıda tüneller karakteristiktir. Bu tüneller odun unu benzeri bir tozla kaplıdır. Bunların büyüklükleri böcek türüne bağlı olarak değişmektedir. Böcek arız olmuş odunların yüzeyleri ergin böceklerin çıkış yolu olan galerilerle tahrip olmaktadır.

Termitlerin ve odun arılarının odunda meydana getirdiği hasar bal peteği oluşumu (honeycombing) olarak tanımlanmaktadır. Buradaki zarar larvalar tarafından değil, ergin bireyler tarafından yapılmaktadır. Odunun yumuşak kısımları daha sert veya yoğun tasımlarına göre daha çok tercih edilmektedir. Bu saldırılar odunda sürekli bir galeriler ağı oluşturmakta ve bu galeriler ince odun parçalarıyla ayrılmaktadır. Böcek larvalarındaki zararın aksine, odun unu oluşumu ya hiç yoktur veya çok azdır.

Kuru arkeolojik odunların çoğu böcek saldırısına uğramaktadır. Diri odun öz oduna tercih edilmektedir, çünkü öz odunda zehirli ekstraktif maddeler bulunmaktadır. Elde edilen bulgular, bazı arkeolojik odunların termit saldırılarını atlattığını, bunun bugün bile termitlere karşı koruyucu etkisi bulunan ekstraktif maddelerden kaynaklandığını belirlemektedir. Eski Mısır Medeniyetinden kalma kuru arkeolojik odunların etkili bir şekilde kaplanmaları sonucu böcek saldırılarına direnerek bugüne kadar geldikleri bilinmektedir.

## BÖLÜM 4 ARKEOLOJİK ODUNLARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

### 4.1. Özgül Ağırlık

Arkeolojik odunun özgül ağırlığı en iyi olasılıkla günümüzdeki oduna eşit olacaktır; en kötü olasılıkla da tamamen bir bozunma söz konusuysa sıfıra doğru yaklaşacaktır. Genel olarak, arkeolojik odunların özgül ağırlık değerleri bu iki sınır değer arasında bir yerde olacaktır. Özgül ağırlıkta günümüz odununun değerinden sapma derecesi bir anlamda bozunmanın derecesini verecektir.

Arkeolojik odunların özgül ağırlığının belirlenmesinde maksimum rutubet miktarı yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem bütün ağaç türlerinde hücre çeperi özgül ağırlığının sabit ve 1,5 g/cm<sup>3</sup> olduğu esasına dayanır. Yaş haldeki arkeolojik odunların tamamen suyla doymun halde olduğu göz önüne alınırsa maksimum rutubet miktarı odunun tam kuru hale kadar kurutulmasıyla belirlenir. Buradan yola çıkılarak konvensiyonel özgül ağırlık belirlenir:

$$G_f = (M_{\max}/100 + 1/1,5)^{-1} \text{ g/cm}^3$$

Burada  $G_f$  konvensiyonel özgül ağırlığı ve  $M_{\max}$  yüzde olarak maksimum rutubet miktarını ifade etmektedir. Her ne kadar arkeolojik odunların hücre çeperi özgül ağırlık değerlerinin günümüz odunlarinkinden düşük olduğuna dair kanıtlar varsa da, bu farkların küçük olduğu ve hesaplamaları fazla oranda etkilemediği belirlenmiştir.

Konvensiyonel özgül ağırlığın kullanımı tam kuru veya hava kurusu özgül ağırlıklara göre tercih edilmektedir. Örneğin; 700-1600 yaşlarında arkeolojik meşe odunlarında bulunan hava kurusu özgül ağırlık değerlerinin günümüz odunlarından çok farklı olmadığı saptanmış; buna karşılık, direnç değerleri önemli ölçüde düşük çıkmıştır. Bu sonuç, herhangi bir kütle kaybı olmadan bozunma olduğunu ima etmektedir. Halbuki, aynı odun günümüz odununa göre bir hayli yüksek oranda daralmıştır. Dolayısıyla, eğer karşılaştırma konvensiyonel özgül ağırlık değerlerine göre yapılırsa, yaş haldeki arkeolojik odunların günümüz odunlarından önemli ölçüde daha düşük değerlere sahip olduğu kesin olarak ortaya çıkmaktadır.

Meşe odunu arkeolojik kazılarda en çok bulunan odundur. Bunun sebebi, geniş yayılım göstermesi, birçok kullanım yeri için uygun fiziksel özelliklere ve doğal dayanıma sahip olmasıdır. Tablo 2’de çeşitli arkeolojik kazılarda bulunan meşe odunlarının özgül ağırlık değerleri görülmektedir. “Kalıntı değeri er arkeolojik meşe odununun günümüz odununa oranlanmış yüzde özgül ağırlık değerini vermektedir.

Tablo 2. Arkeolojik meşe odununun özgül ağırlık değerleri.

| Arkeo. Odunun Yaşı | Arkeo.odunun Özgül ağırlığı | Kalıntı değeri <sup>a</sup><br>% | Yöntem <sup>b</sup> |
|--------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------|
| 300                | 410                         | 75                               | 3                   |
| 440                | 265                         | 49                               | 3                   |
| 700                | 547                         | 88                               | 2                   |
| 810                | 530                         | 96                               | 3                   |
| 900                | 760                         | 111                              | 2                   |
| 1000               | 465                         | 75                               | 2                   |
| 1500               | 530                         | 96                               | 3                   |
| 3000               | 320                         | 49                               | 1                   |
| 4700               | 709                         | 103                              | 2                   |
| 8500               | 650                         | 97                               | 1                   |

<sup>a</sup>= günümüz odununa oranla bağlı özgül ağırlık yüzdesi

<sup>b</sup>= 1, tam kuru özgül ağırlık; 2, hava kurusu özgül ağırlık; 3, konvensiyonel özgül ağırlık

Tablo 2'ye göre, yaşlan 300-8500 yıl arasında değişen bu örneklerde odunun yaşı kütle kaybının belirlenmesinde iyi bir indikatör değildir. Aynı durum Tablo 3'de diğer ağaç türleri için de söz konusudur. Kalıntı özgül ağırlık yüzdesi meşe odunlarında %20-140 ve diğer ağaç türü odunlarında % 18-113 arasında değişmektedir. Arkeolojik odun günümüz odunundan bazı durumlarda daha yoğun olabilmektedir. Bunun bir sebebi, incelenen arkeolojik odunun doğal olarak günümüz odunundan daha yüksek özgül ağırlığa sahip olması olabilir. Bir diğer sebep, arkeolojik odunlarda kül miktarının fazla olmasıdır.

Tablo 3'de çeşitli İYA ve YA arkeolojik odunlarının özgül ağırlık değerleri verilmektedir. İYA'lardaki kalıntı özgül ağırlık değeri YA'dakinden genel olarak daha yüksektir. Bazı YA türlerinin başlangıçtaki yüksek pentozan içeriği nedeniyle özgül ağırlık değişimine dirençli olamadıkları belirlenmiştir.

Tablo 3. Çeşitli arkeolojik odunların özgül ağırlık değerleri

| Ağaç türü             | Arkeo.odunun Yaşı | Arkeo.odun.<br>Özgül ağır. | Kalıntı değeri <sup>a</sup> % | Yöntem |
|-----------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------------|--------|
| <i>Abies alba</i>     | 900               | 443                        | 98                            | 2      |
| <i>Juripgrus com.</i> | 2000              | 540                        | 113                           | 2      |
| <i>Picea abies</i>    | 900               | 220                        | 58                            | 3      |
| <i>Pinus sylvest.</i> | 300               | 240                        | 56                            | 3      |
| <i>Pinus sylvest.</i> | 900               | 280                        | 65                            | 3      |
| <i>Pinus sylvest.</i> | 10000             | 450                        | 105                           | 3      |
| <i>Taxus baccata</i>  | 2400              | 520                        | 72                            | 2      |
| <i>Alnus rubra</i>    | 2500              | 157                        | 42                            | 3      |
| <i>Betula spp.</i>    | 590               | 94                         | 19                            | 3      |
| <i>Betula spp.</i>    | 3000              | 190                        | 31                            | 1      |
| <i>Fagus spp.</i>     | 570               | 150                        | 27                            | 3      |
| <i>Tilia spp.</i>     | 3000              | 216                        | 44                            | 1      |
| <i>Ulmus spp.</i>     | 900               | 410                        | 64                            | 1      |

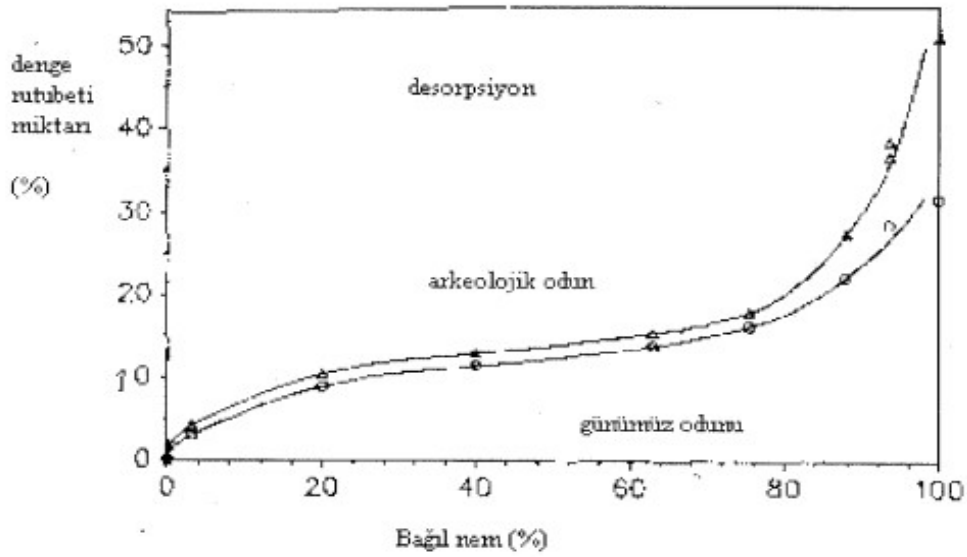
<sup>a</sup>= günümüz odununa oranla bağlı özgül ağırlık yüzdesi

<sup>b</sup>= 1, tam kuru özgül ağırlık; 2, hava kurusu özgül ağırlık; 3, konvensiyonel özgül ağırlık

#### 4.2. Sorpsiyon Karakteristikleri

Odun bileşenleri içinde hemiselülozlar en higroskopik olanıdır, ligninse en az higroskopik bileşendir. Selüloz ise bu ikisi arasında bir değere sahiptir. Yaş haldeki arkeolojik odunların bozunma sürecinde de beklenildiği gibi önce hemiselülozlar degrade edilmekte, bunu selüloz izlemekte ve lignin çoğunlukla stabil kalmaktadır. Bu bilgilere göre, yüksek bir lignin içeriği bulunan yaş haldeki arkeolojik odunların günümüz odunundan daha düşük bir higroskopisiteye sahip olması beklenmelidir. Ancak bu konuda yapılan çalışmalar durumun böyle olmadığını göstermektedir. Bunun iki sebebi vardır: birincisi, arkeolojik odunlara suyun girmesi yapısı gereği daha kolaydır, ikincisi, kalıntı selülozda kristal zonların kırılması ve azalmasıdır. Bilindiği gibi, selülozun amorf zonları kristal zona göre daha çok rutubet tutmaktadır.

Şekil 1'de bozunmuş bir arkeolojik, meşe odunuyla günümüz meşe odununun sorpsiyon izotermi karşılaştırılmaktadır. Günümüz meşe odununun denge rutubeti miktarı (DRM) arkeolojik meşe odununa göre belirgin olarak daha düşüktür ve bu farklılık bağlı nem % 80'i aştığında daha da belirgin bir hal almaktadır. Arkeolojik odunun lif doygunluk noktası f (yaklaşık %100 bağlı nemdeki DRM) % 50 rutubetten daha fazladır. Bu sonuç, arkeolojik odunların niçin yüksek rutubet derecelerinde daralmaya başladıklarının bir açıklamasıdır.



Şekil 1. Arkeolojik meşe odunuyla günümüz meşe odununun desorpsiyon izotermi.

#### 4.3. Daralma ve Genişleme

Kuru haldeki arkeolojik odunların daralma miktarlarında çok az bir değişiklik olmaktadır. Örneğin; Japonya'daki tarihi yapılarda bulunan Hinoki ağacı odununun (1300 yıllık) teğetsel daralma miktarında önemli bir azalma kaydedilmiştir. Ancak, kuru haldeki arkeolojik odunların higroskopisitesine ilişkin bulgular daralma katsayılarında zamanla az miktarda bir değişimin olduğunu göstermektedir.

Yaş haldeki, suyla aşırı doymuş arkeolojik odunlarda ise daralma/genişleme daha çok ilgi çekmektedir. Çünkü böyle odunlar kurutulduklarında günümüz odunlarına oranla önemli derecede daralmaktadır. Bu daralma nesnenin kuruması sırasında kuvvetli bir yapısal bozunmaya (destrüksiyon) neden olabilmektedir, çünkü odun kuruma gerilmelerini karşılayamayacak ölçüde zayıf kalabilmektedir. Bu nedenle şiddetli kırılma ve çatlama, hücre çökmeleri meydana gelebilmektedir. Bütün bunlardan ötürü; suyla aşırı doymuş haldeki odunların güvenli bir şekilde kurutulması arkeolojik odunların korunmasında en önemli problem konumundadır.

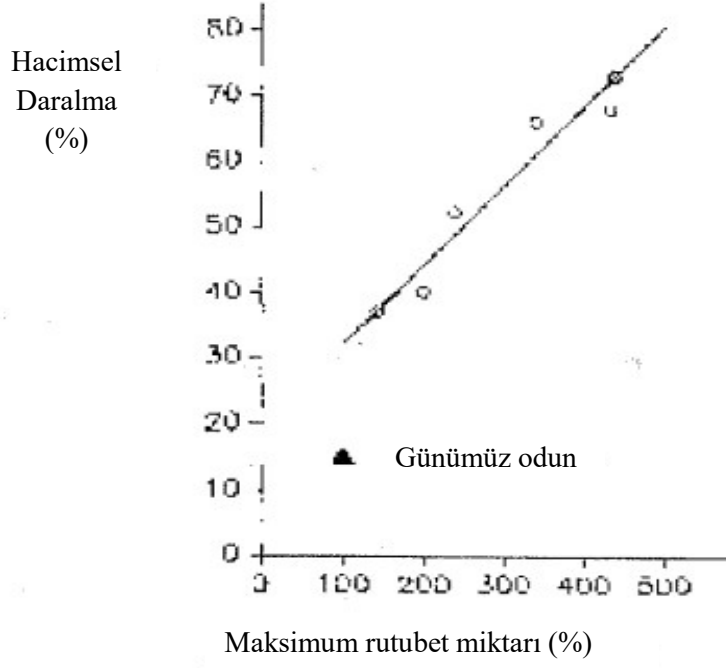
Sağlıklı bir odun çeşitli kuruma gerilmelerini karşılayacak yeterli dirence sahiptir. Bu sayede ve kurutma koşullarının belli ölçüde denetlenmesiyle, boyutlarda ve şekilde aşırıya kaçmayan orta dereceli değişimler oluşur. Oysa şiddetli bir biçimde bozunmuş yaş haldeki odunlarda, ne kadar dikkatli kurutma yapılırsa yapılsın, iki anahtar değişiklik aşırı daralmalara ve kırılmalara yol açmaktadır.

Bu anahtar değişikliklerden birincisi, geriye kalan selülozun kristalliliğinin azalmasıyla meydana gelen, karbonhidrat degradasyonudur. Azalan kristallik sadece higroskopisiteyi artırmakla kalmaz, aynı zamanda selüloz mikrofibrillerine paralel yönde daralmaların oluşmasını da sebep olur. İkinci anahtar değişiklik hücre çeperi direncinin azalmış olmasıdır. Bu nedenle hücre çeperi kuruma gerilmelerine karşı daha az bir dirence sahip olacaktır. Özellikle, hücre çeperi son derece ince ve zayıf hale gelecek, dolayısıyla, serbest suyun buharlaşması sırasında meydana gelen yüzey gerilimine uzun süre dayanamayacağından hücre çökmeleri oluşacaktır. Bu etki en çok teğet yönde belirgindir, öyle ki yaş haldeki arkeolojik kayın odununda bu yöndeki daralma % 65 'e kadar uzamaktadır.

Yaş haldeki arkeolojik odunlarla günümüz odunların daralma-genişleme bakımından karşılaştırmaya yönelik yapılan çalışmalarda, birkaç istisna hariç (bunlar sarıçam odununda elde edilmiştir) yaş haldeki arkeolojik odunların günümüz odunlarına göre daima daha fazla bir daralma gösterdikleri tespit edilmiştir. Özellikle lifler yönündeki (boyuna yön) daralma çok belirgin ve şaşırtıcıdır. Çünkü normal odunda sadece % 0,6 kadar olabilen ve çoğu kez ihmal edilecek ölçüde küçük olan lifler yönündeki daralma değeri, yaş haldeki arkeolojik odunlarda % 10 'dan daha fazla olabilmektedir. Diğer yandan, teğet ve radyal yönlerdeki daralma miktarları da günümüz odununa göre önemli ölçüde artmaktadır. Teğet yöndeki daralma (% 5-67 arasında değişmektedir) radyal yöndekinden (% 2-33 arasında değişmektedir) daha fazla olmaktadır. Kalıntı özgül ağırlık değeri düşük olduğu örneklerde daralma miktarı en yüksek olmaktadır.

Şekil2'de, yaş haldeki arkeolojik meşe odununun hacimsel genişlemesi gösterilmektedir. Şekle göre, aynı maksimum rutubet miktarı değeri (burada eşit konvensiyonel özgül ağırlık değeri ele alınmakta olup herhangi bir kütle kaybı söz

konusu değildir) yaş haldeki arkeolojik odun günümüz odununa göre iki kattan daha fazla bir daralma göstermektedir. Her ne kadar net bir odun madde kaybı yoksa da, bazı odun bileşenlerinin mineral madde çökmesinin ani bir karşılığı olarak kaybolduğu belirtilebilir.

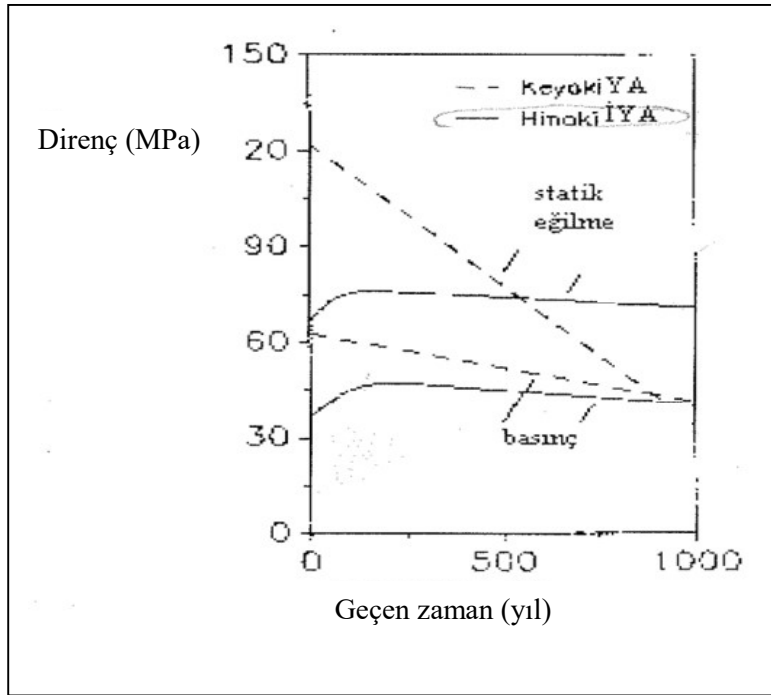


Şekil 2. Maksimum rutubet miktarının bir fonksiyonu olarak yaş haldeki arkeolojik odunların hacimsel daralması.

#### 4.1. Mekanik Direnç Özellikleri

Kuru haldeki arkeolojik odunların mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler daha az incelenmiştir. Genel olarak, kuru şartlardaki depolama veya kullanım oduna zara veren etmenlerin etkisini azaltmaktadır. Böcek saldırıları hariç, kuru haldeki arkeolojik odunların mekanik özelliklerinde büyük bir değişme beklenmemektedir.

Arkeolojik odunların mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimleri incelemek üzere sistematik bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada iğne yapraklı ağaç (İYA) olarak Hinoki, yapraklı ağaç (YA) olarak Keyaki türleri değerlendirilmiştir. İYA'da, ilk 200-300 yıllık dış hava koşullarında kalma süresinde eğilme ve basınç dirençlerinde bir artış kaydedilmiş, daha sonra kademe kademe bir azalma meydana gelmiştir. 1500 yıllık süre sonunda, mekanik direnç değerlerinin başlangıçtaki aynı seviyeye geldiği görülmüştür (Şekil 3). Bu durumun, başlangıçta söz konusu olan selüloz kristalliğinin artmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Selüloz kristalliğinin artması süreci 300 yıl sonunda sona ermektedir. Bu noktadan sonra, dirençlerde meydana gelen kademeli azalma odun karbonhidratlarının süregelen degradasyonuna bağlanmaktadır. YA'ta, başlangıçta bir direnç artışı yoktur. Direnç özellikleri İYA'dakinden daha büyük oranlarda ve sürekli olarak azalmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Zamanın fonksiyonu olarak İYA ve YA'larda statik eğilme ve basınç dirençlerinin değişimi.

## BÖLÜM 5

### YAŞ VE KURU HALDEKİ ARKEOLOJİK ODUNLARDA KORUMA İŞLEMLERİ

Ahşap malzemenin yaş, rutubetli veya kuru halde olup olmamasına bakılmaksızın, ahşap malzemelerin durumunun değerlendirilmesine ve koruma yönteminin seçimine yönelik yaklaşımlar temelde birbirine benzer yapıdadır. Ancak, bu üç gruptaki malzemeler için uygulanacak koruma yöntemleri birbirinden tamamen farklıdır. Bu üç gruptaki ahşap malzemelerin korunması işlemleri temel olarak aşağıdaki kategorilerde toplanmaktadır:

- a) biyolojik, kimyasal veya mekanik bozunmanın durdurulması ve hasarın onarılması,
- b) boyut değişikliklerinin önlenmesi,
- c) ahşap malzemenin görünüm özelliklerinin restore edilmesi.

Müze koleksiyonlarında yer alan kuru haldeki ahşap malzemelerle ilgili olarak, korumacıların karşı karşıya kaldığı en önemli sorunlar nesnenin görünüm özelliklerinin restorasyonu ve yapısal özelliklerinin güçlendirilmesidir. Rutubetli haldeki malzemelerde en büyük tehlike biyolojik bozunma iken suyla aşırı doymuş haldeki malzemelerde en önemli unsur boyut stabilizasyonu olmaktadır.

Arkelolojik ahşap malzemelerin korunması bilim ile sanat arasında bir yerde hayat bulmaktadır. Bu o kadar böyledir ki, koruma sürecinin bir kısmı sanatsal hünnerleri gerektirirken; diğer kısmı bilimin analitik yaklaşımını talep etmektedir. Bu iki ayrı uzmanlık alanının tam olarak yerine getirilmesi başarılı bir koruma sürecinin geliştirilmesi ve uygulanması için gereklidir.

Korumacıların, verilen bir ahşap nesne için yeni koruma işlemlerini geliştirirken, bu işlemlerin nasıl ve niçin çalışacağını belirlerken ve uygun muamele yöntemini seçerken bir bilim adamı gibi düşünmeleri şarttır. Koruma işlemlerinin geliştirilmesi ve seçilmesinden sonra, korumacı bu işlemleri uygularken sanatsal yetenekleri kullanmalıdır. Örneğin; bir korumacı için boşluk (yarık) doldurucu spesifik bir maddeyi belirlemeyebilmek tek başına yeterli değildir, çünkü bu maddenin istenilen kimyasal ve fiziksel karakteristiklere sahip olması da gerekir. Çoğu durumda, korumacı bu boşluk doldurma muamelesini estetik olarak memnuniyet verici ve işlevsel olarak doğru bir biçimde uygulayabilme yeteneğinde olmalıdır. Boşluk doldurulduktan sonra, boyamaya veya yüzeyin değiştirilmesine gerek bulunmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, pratikte koruma işleminin seçilmesi ve uygulanması ayrı uzmanlar tarafından yapılmaktadır.

Bu bölümde yukarıda anlatılan dengeli işlem sürecinin bilimsel tarafına ağırlık verilecektir. Herhangi bir bilimsel incelemede, içerilen mekanizmanın anlaşılması ve prosesin tekrar edilebilirliği odak noktasını oluşturmaktadır. Özel bir ahşap nesnenin korunmasında kullanılacak işlem tipi

hakkındaki kararlar nesnenin durumu ve saklama ve sergilenme yolu baz alınarak belirlenmelidir. Projenin ekonomik uygunluğu da ele alınacak önemli unsurlardan biridir, ancak, burada bu konu irdelenmeyecektir.

Bu ders notu kapsamında verilen bilgilerin çoğunluğu suyla aşırı doymuş (waterlogged) ve ıslak (wet) haldeki odunların korunmasına yöneliktir. Son dönemlerde, bu alanda önemli miktarda araştırmalar yürütülmüştür. Buna karşılık, kuru haldeki odunların korunmasında nispeten daha az miktarda çalışma söz konusudur. Bu durum, tabii ki, kuru haldeki odunların korunması önemsizdir veya ilginç değildir anlamına gelmemektedir. Herhangi bir durumda, kuru haldeki nesnelerin korunması için kullanılan işlemler yaş haldekilerin korunmasında kullanılanlardan çok daha belirgin yapıdadır ve zaman içerisinde çok fazla değişikliğe uğramamaktadır.

Odunun kuru ya da yaş halde olduğuna bakılmaksızın, çoğu koruma projesinde amaç ve hedefleri belirlemek birbirine çok benzemektedir. Ancak, bu belirleme süreci benzer olmakla birlikte koruma işlemlerinin kendisi çok farklı olabilmektedir. Açıkçası, tarihi bir binanın restorasyonu ile 14. yüzyıldan kalma bir pencere çatısını aynı koruma işlemiyle ele almak mümkün değildir, fakat her iki obje için de koruma amaçlarının belirlenmesinde takip edilen yol çok fazla değişkenlik göstermez ve aşağıdaki aşamalardan meydana gelir:

1. Nesnenin durumunun ve görünümünün kaydedilmesi,
2. Biyolojik ve kimyasal bozunmanın durdurulması,
3. Fiziksel bütünlüğün sağlanması, mekanik hasarın ve aşırı boyut değişikliğinin önlenmesi,
4. Nesnenin orijinal görüntüsünün restore edilmesi.

Sistematik anlamda bir koruma yaklaşımı, nelerin tamamlandığının; daha nelerin yapılacağını ve işlemin en iyi şekilde nasıl çalışacağını belirlenmesi esasına dayanmaktadır.

### **5.1. Koruma Prosesinin Aşamaları**

Saklama ve sergileme sırasında olduğu kadar koruma işlemi sırasında da yeni bir hasarın meydana gelmemesine çok büyük dikkat sarf edilmelidir. Böyle bir hasarı önlemenin en iyi yolu odunun özelliklerini, koruma işleminin karakteristiklerini ve bu iki unsur arasındaki etkileşimi anlamaktan geçmektedir.

### **5.1.1. Durumun ve Görünümün Kaydedilmesi**

Mümkün olduğunca tamamlanmış bir kaydın elde edilmesi için, ahşap nesnenin korumacının önüne geldiği zamandaki görünümü, boyutları ve özellikleri belirlenmelidir. Fotoğraflar, krokiler, ağırlıklar, boyut ölçümleri, yüzey tekstürü ve renk evvel emirde not alınması gereken yararlı bilgiler arasındadır. Bozunmanın veri ve tipi doküman haline getirilmelidir ve bu bozunmanın ilerlemesini durdurmak için tavsiyelerde bulunulmalıdır. Gelecek herhangi bir zamanda ahşap nesnenin keşfini yapmak için bu kayıtlar kullanılabilir ve bu kayıtlarda yer alan bilgiler nesnenin korunması için bir çalışma planı sağlayacaktır.

Eğer rutin bir koruma işlemi kullanılırsa, nesnenin durumuna ilişkin standardize edilmiş veriler toplanmalıdır. Örneğin; Kanada Koruma Enstitüsünde, bütün küçük yaş haldeki odun örnekleri bir miktar polietilenglikol (PEG) 400 ve 3350 karışımıyla emprenye edildikten sonra soğuk kurutmaya (freeze-drying) tabi tutulmaktadır. PEG muamelesinden önce, odun örnekleri su içerisinde süspanse halde tutulurken ve normal hava şartlarında ayrı ayrı tartılmaktadır. Daha sonra bu bilgileri, ağaç türlerini ve ağaç türlerinin tahmini orijinal özgül ağırlık değerlerini kullanarak, bir bilgisayar programı aracılığıyla emprenye çözeltisinde olması gereken her bir PEG bileşiğinin konsantrasyon değeri belirlenmektedir. Eğer konsantrasyonların değişmesi gerekiyorsa, aynı program istenilen konsantrasyon seviyesine ulaşmak için orijinal emprenye çözeltisine eklenmesi gereken her bir PEG bileşiği ağırlığını da hesaplamaktadır. Belirlenen bir daldırma periyodundan sonra, nesne dondurulmakta ve soğuk kurutmaya tabi tutulmaktadır. Bu yöntem kısmen teorik bir tabana kısmen de ampirik (uygulamadan gelen) veri tabanına dayanmaktadır. Yöntem genellikle Kanada'da bulunan arkeolojik odun tipleri için iyi sonuç vermekte ve analitik teknikler için çok az bir yatırıma ihtiyaç göstermektedir.

### **5.1.2. Bozunmayı Durdurma Teknikleri**

Bozunmanın durdurulmasında seçilecek yöntemler meydana gelen bozunmanın tipine bağlı kalmaktadır. Herhangi bir mikroorganizmanın saldırısı çevre şartlarını o mikroorganizmaya uygun olmayan hale dönüştürmek yoluyla durdurulabilir. Birçok mikrobiyolojik saldırı odun rutubetinin kontrol altına alınmasıyla durdurulabilir fakat bu kontrolün mümkün olamayacağı bazı durumlar da söz konusu olabilmektedir. Yaş haldeki odunların saklanması çok büyük sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Çünkü bu tip odunlar boyut stabilizasyonu işlemleri tamamlanmadan kurutulamamaktadır. Bazı korumacılar biyolojik bozunmaların kontrolü için zehirli olan bivosidler kullanmakta, diğerleri ise biyosid kullanımından kaçınmaktadır. Sonuç olarak alışılmışın dışında biyolojik kontrol yöntemleri rapor edilebilmektedir. Örneğin; suda saklanan yaş haldeki odunların, yüzeyinde nemli, bir salgı tabakası oluşturmak üzere salyangozlardan yararlanmak bunlardan bir

tanesisidir. Keza, uzun dönem saklamada mikroorganizmaları kontrol etmek üzere kimyasal madde kullanmak yerine onları tekrar gömülü hale getirmek daha iyi bir yol olarak ifade edilmektedir.

Rutubetli odunda en büyük tehlike odun çürütücü mantarlar olmaktadır. Küçük nesneler kolayca kurtulabilmektedir ve kurutma sorunun giderilmesini sağlamaktadır. Ancak, binalar ve gemiler gibi büyüle yapılarda mantar saldırısının kesilmesi daha zordur. Büyük boyutlu odunlarda mantar enfeksiyonu bir kez başladığında bunun engellenmesi çok zor olabilmektedir. Çünkü selüloz zincirinin kırılması su üretmekte, bu da mantarın yaşam döngüsünü devam ettirebilmektedir. Mekanik özelliklerin kaybına yol açacak derecede hasar meydana gelmeden önce bozunmayı durdurmak mümkün olmayabilir. Böyle durumlar sadece büyük gemi keresteleri gibi yüksek rutubetli masif parçalarda gelişebilmektedir. Birçok durumda, rutubet kaynağını uzaklaştırmak ve böylece çürümeyi durdurmak, mümkün olmaktadır.

Bazı durumlarda (örneğin kapıların dışında bulunan totem heykellerinde) rutubet kaynağı uzaklaştırılamamaktadır. Nesnenin etrafının düzenlenmesi ve tabanına drenaj kiremitlerinin döşenmesi çürüme oranının azalmasına yardım edebilmektedir. Toprak zonu kimyasal muamele yöntemleri de kullanılabilir, böylelikle nesne etrafında kısmi bir kaplama zonu oluşturularak desteklenmesi mümkündür. Bazı hallerde, dış hava koşullarının etkisiyle meydana gelen kimyasal bozunmalar nesneyi güneşten, rüzgârdan ve yağmur/kar birikintilerinden korumak gibi pasif yöntemlerle önlenabilir. Bu tip teknikler pasif yöntemler olarak adlandırılmaktadır, çünkü burada nesnenin herhangi bir özel kimyasal muameleye tabi tutulması söz konusu değildir.

Böcek saldırıları tamamen farklı bir sorun meydana getirmektedir. Böcek saldırıları çoğu kez rutubet miktarının düşürülmesiyle kontrol altına alınabilmektedir. Ancak, bazı oyuncu böcekler ve kuru odun termitleri %6-8 gibi, düşük rutubetlerde de yaşamlarını sürdürebilmektedir. Bunların kontrolü daha özel teknikleri gerektirmektedir.

### **5.1.3. Fiziksel Bütünlüğün Sağlanması**

Herhangi bir arkeolojik odun nesnesi kendi ağırlığını taşıyamayacak kadar zayıfladığında, mutlaka mekanik olarak desteklenmelidir. Bu desteğin iyi örnekleri bazı gemilerde görülebilir. Müze gösterimlerinde ve depolamada arkeolojik ahşap nesnelerin desteklenmesi eskiden beri uygulanan bir şeydir, bu konuda son yıllarda bazı tavsiyeler geliştirilmiştir. En önemli öge verilen desteğin yeteri kadar olmasıdır; yani ahşap nesne kendisini taşıyan iskeletten zarar görmemelidir. Bunun başarılabilmesi nesnenin mekanik özelliklerinin anlaşılmasına bağlıdır. Önemli olan bir diğer öge, nesnenin görünümü hakkında yeteri kadar kaydın yapılması ve bunların korunmasıdır. Çünkü daha sonraki yıllarda meydana gelebilecek deformasyonların tanımlanması ve doğrulanması ancak bu şekilde mümkündür.

Ahşap nesnelerin fiziksel bütünlüğüne yönelik en önemli tehditlerden biri rutubete bağlı boyut değişikliğidir. Yıllarca dış hava koşullarında kullanılan bir ahşap malzeme iç kısma taşınınca, kuruma sırasında dikkate değer oranda bir çarpılma meydana gelebilmektedir. Özellikle ahşap gemiler sudaki depolamadan müze gösterimine (bina içi) alındığında kuruma sorunlarıyla karşı karşıya gelmek kaçınılmazdır. Geminin ana gövdesine (tekne) ait parçalar suyla doğrudan temasta olduğundan rutubetleri LDN üzerindedir, oysa diğer parçalar hava şartlarına bağlı olarak bir denge rutubeti miktarına ulaşmışlardır. Bazı parçalar daha temiz haldeyken ve hiç kuramamışken bir araya getirilmek durumunda kalmaktadır. Eğer gemi teknesinin suyla doymuş kısımları çok çabuk kurursa, çok şiddetli kuruma kusurları meydana gelebilmektedir. Eğer bu kısımların kuruması yavaş olursa, bu kez odun çürütücü mantarların saldırısıyla gemi teknesinin büyük bir kısmı bozundurulabilmektedir.

Çeşitli kuruma kusurları görülebilmektedir. Çatlama ve çarpılmalar en yaygın olanlarıdır, ayrıca, bal peteği oluşumu (honeycomb) ve hücre çökmeleri de (kollaps) gelişebilmektedir. Çatlaklar, radyal yönde uygulanan testereyle çentik açma yöntemi (kerfing) kullanılarak yoğunlaştırılabilir. Bu yöntem odun koruma endüstrisinde de kullanılmaktadır. Testereyle çentik açma yöntemi yuvarlak ağaç malzemelere ve büyük tomruklara çatlakların daha derme inmesini önlemek üzere uygulanmaktadır. Fakat yöntem birçok korumacıya cazip gelmemektedir. Çünkü yöntemde ahşap nesnenin hasar görmesi de mümkündür. Ancak yine de, yöntemin nesneyi daha ciddi deformasyonlardan koruması da söz konusudur.

#### **5.1.4. Görüntünün Restore Edilmesi**

Tarihi ve arkeolojik ahşap nesnelerin, stabilizasyon işlemleri tamamlandıktan sonra, görünümünün değiştirilip değiştirilmemesi gerektiği konusunda bir fikir birliği yoktur. Bu amaçla kullanılan birçok yöntemde boşlukların doldurulması, yüzey renginin ve tektürünün değiştirilmesi söz konusu olmaktadır.

#### **5.2. Nesnenin Durumunun Değerlendirilmesi**

Tarihi ve kültürel ahşap malzemelere uygulanacak koruma yöntemi, nesnenin durumunun değerlendirilmesinden sonra seçilmelidir, fakat çoğu kez buna dikkat edilmemektedir. Yaş haldeki arkeolojik odunlarda, polietilenglikol (PEG) ile daldırma yöntemi çok popülerdir ve çoğu kez emprenye edilen nesne hakkında durum değerlendirmesi yapılmadan tatbik edilmektedir. Bu işlem bazen hatalı oluşumlara sebep olmaktadır. PEG’le emprenye edilmiş bazı materyallerin (emprenye işlemi yıllar hatta on yıllar sürse bile) stabil hale gelmediği görülmektedir. Eğer koruyucu işlem

başlamadan önce bir nesnenin durumu değerlendirilmez ve kaydı yapılmazsa, koruyucu işlemin niçin seçildiği, nasıl yürütüldüğü veya ne zaman uygun olduğu hiçbir zaman açıklığa kavuşmayacaktır.

Bir nesnenin restorasyonu kırılan bir parçanın yeniden yapıştırılması kadar basit olabilir. Veya, kaybolan parçaların tamamlanması, boşlukların doldurulması, odun yapısının güçlendirilmesi veya orijinal yüzey renginin tekrar elde edilmesi gibi daha zor işlemleri gerektirebilir. Koruma işlemi geliştirildiği ve test edildiği zaman, nesne hakkında mümkün olduğu kadar detaylı bilgi toplanması önemlidir. Bu bilgiler sonuçların daha iyi değerlendirilmesini ve gelecek için daha iyi yöntemlerin seçilmesini sağlayacaktır. Her farklı koruma işleminin işlevleri de farklıdır. Dolayısıyla, nesnenin durumuna uygun olan seçilmelidir.

Değerlendirme sürecindeki ilk aşama nesnenin bozunma durumunun tespiti. Bu tespiti yapmak için, olması beklenebilen çürüme ve bozunma tiplerini anlamak ve bilmek önemlidir. Mekanik hasarlar genellikle çok kötü bir görünüm verirler fakat onarılmaları biyolojik ve kimyasal zararlara göre daha kolaydır. Bir sandalyenin kırık bir bacağı varsa, bu çiviyle tutturulabilir veya tutkallanabilir. Bir Çatı ahşabı kırılan bir kiriş nedeniyle bel verdiyse mekanik olarak güçlendirilebilir. Diğer yandan, bir sandalye bacağı böcek tahribatı nedeniyle kırılmışsa, bunu yapıştırmak mümkün değildir. Bir kiriş çürüdüğü için kırılmışsa, yapının mekanik olarak güçlendirilmesinden önce, rutubet sorunun çözmek üzere bir yerinde bakım işlemi (remedial treatment) gerekecektir.

### **5.2.1. Mikroskopik Değerlendirme**

Mikroskopik değerlendirme nesnenin durumu hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır. Önceden başarılı bir şekilde emprenye edilen nesnelerde mevcut olan bozunma tipleri hakkındaki verilere dayanarak, mikroskopik değerlendirme ile teklif edilen koruma işlemlerinin nasıl çalışacağını tahmin etmek de mümkündür.

Mikroskopik değerlendirmenin en önemli kullanımı yapılan işlemlerin etkinliğini belgelemek ve yeni işlemlerin başarısını değerlendirmektir. Bilim adamları, farklı tiplerde bileşenlerden oluşan nesnelerin ne tür bir işleme tabi tutulacağını belirlenmesinde taramalı elektron mikroskobunu kullanmışlardır. Bu çalışmalarda, odunun farklı kısımlarında hangi kimyasal maddelerin kaldığını ve onların nasıl bir fonksiyona sahip olduklarını göstermek de mümkün olabilmiştir.

Mikroskopik değerlendirme (koruma işlemi sırasında meydana gelen yapısal hücre çökmelerinin miktarını kaydetme olanağı sağlamaktadır. Yaş veya ıslak haldeki odunlarda, yapısal hücre çökmeleri koruyucu işlem başlamadan önce mevcuttur. Eğer bu gerçek bilinirse, işlem sonrası gözlemlenen çökmeler yanlış adreste aranmayacaktır.

Bazı araştırmalarda; mikroskopik incelemeler ve kontrol edilen kurutma işlemi, bir hayli

bozunmuş yaş haldeki arkeolojik odunların hücre çökmelerini gözlemlemek üzere birleştirilmiştir. Böyle çalışmalar kollapsın nasıl meydana geldiğini anlamak bakımından yarar sağlamaktadır. Bu tip gözlemler, yaş haldeki odunlara ilişkin önceden rapor edilmiş araştırma sonuçlarının açıklanmasına da yardım etmektedir. Örneğin, daha önce yapılan çalışmalarda, aşırı derecede bozunmuş yaş haldeki odunların kuruması sırasında meydana gelen teğetsel boyut değişikliğinin radyal yöndekinden daha büyük olduğu gösterilmiştir. Bundan sonra yapılan mikroskopik bir çalışmada, teğet çeperlerin kurumanın ilk aşamalarında eğildiği; fakat radyal çeperlerde, hücre çökmeleri hücre boşluğunu tamamen kapatacak hale gelmeden eğrilmenin meydana gelmediği gösterilmiştir. Bir anlamda, radyal çeperde büyük çapta bir çarpılmanın meydana gelmesi için yeterli boşluk kalmamaktadır.

### 5.2.2. Kimyasal Analiz

Yaş haldeki arkeolojik odunlarda, bozunmuş durumdaki bir odunun kimyasal yapısı hakkındaki bilgiler delignifiye edilmiş numunelerden toplanabilir. Çeşitli numunelerdeki karbonhidrat iskeleti test edilmiş ve onun durumunun doğrudan odunun özgül ağırlığına bağlı olduğu saptanmıştır. Yine benzer delignifikasyon teknikleriyle, hücre çökmelerine maruz kalmış ve iyice daralmış durumdaki arkeolojik odunların tekrar genişletilebileceği gösterilmiştir.

Bu kimyasal analiz yaklaşımı, aynı zamanda ağaç türü teşhislerini daha kolay yapmak için geliştirilmiştir. Bununla birlikte, yöntemin değişik varyasyonları küçük arkeolojik eşyaların restorasyonunda kullanılabilir. Kimyasal analiz yaklaşımı aslında çok kırılgan bir materyal oluştursa da, herhangi bir işlem yapılmadığı takdirde tamamen kaybedilebilen ahşap nesnelerin kazanılması için kullanılabilir. Yaklaşım bir koruma yöntemi olarak çok pratik görünmese bile, (kurumuş) yaş haldeki odunların yeniden su alabileceğini göstermektedir. Buradan yola çıkılarak; lignini uzaklaştırmayan fakat ligninin/genişlemesini sağlayan böylelikle çarpılmış (eğrilmiş) ahşap nesnelerin orijinal şekillerine dönüştürülmesine imkân tanıyan lignin-yumuşatma teknikleri geliştirmek mümkün olacaktır.

Kimyasal bileşim belli bazı hücreleri (paranşim hücreleri, geçit zarlarındaki hücrelerin bir kısmı, vb.) biyolojik bozunmaya karşı daha hassas hale getirmektedir. Bozunma derecesinin büyük oranda, her bir hücre tipinin ya da hücre kısımlarının kimyasal bileşimine bağlı olduğu bilimsel olarak gösterilmiştir.

Her bir hücre tipinin ne dereceye kadar bozunduğuna ait bilgiler emprenye maddelerinin odun dokusunda nasıl ilerleyeceklerinin belirlenmesinde kullanılabilir. Örneğin; öz ışınları diğer elemanlardan daha fazla bozunuyorsa, bu emprenye çözeltilerinin radyal yönde nispeten daha hızlı hareket etmeleri beklenebilir. Emprenye maddeleri teğet yönde aynı hızda hareket etmeyebilecektir. Bu farklılık emprenye kimyasallarının düzensiz dağılımı sonucunu doğurmaktadır./Öz ışınları

boyunca hızlı hareket ve lif hücrelerinin zayıf kalan emprenyesi özellikle özgül ağırlığı yüksek yapraklı ağaçlarda söz konusudur. Diğer yandan, sekonder çeperin bir hayli bozulduğu, fakat orta lamel ve geçit zarlarının çoğunlukla sağlam kaldığı görünmektedir. Bu durumda, odun çok fazla bozundurulmuş olsa bile, yüksek molekül ağırlıklı emprenye maddelerinin difüzyonu bir hayli yavaş olacaktır.

Arkeolojik odunların bozunma derecesini belirlemekte kullanılabilen kimyasal madde setleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerde, yaş haldeki arkeolojik odunların kimyasal bileşiminin, büyük oranda, özgül ağırlığın bir fonksiyonu da sayılabilecek maksimum rutubet miktarına bağlı olduğu gösterilmiştir. Bu yöntemler odunun orijinal özgül ağırlığına ve kimyasal kompozisyonuna ait tahmini değerler mevcutsa iyi sonuçlar vermektedir.

Yapılan diğer araştırmalara göre, küçük miktarlardaki arkeolojik odunların rutin koruma işlemlerine tabi tutulmasında kimyasal analizler gereksizdir. Bu çalışmada elde edilen bilgilere göre, hücre çeperi materyalindeki kaybı hesaplamak için özgül ağırlığın kullanılması hem daha ekonomik hem de daha az zaman alıcıdır. Bu yaklaşımın sonucu olarak, Kanada'da standart soğuk kurutma yöntemi geliştirilerek kullanılmıştır.

Daha geleneksel kimyasal analiz yöntemleri, arkeolojik odun için hangi koruma yönteminin uygun olduğunun belirlenmesinde kullanılabilir. Aynı zamanda, yeni koruma yöntemlerinin tasarlanmasında da yarar sağlayabilmektedirler.

### **5.2.3. Fiziksel Özellikler**

Yaş haldeki arkeolojik odunlarda, ele alman en önemli unsur, nesne kurutulduğunda hücre çökmelerine neden olabilecek kapılar kuvvetlere karşı odun yapısının yeterli sağlamlıkta olup olmadığıdır. Bu sorunun cevaplanmasında düşülen yanlışlıklar PEG muamelesinin başarısızlığına yol açmış ve soruyu cevaplamaya yönelik ampirik yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin hemen hemen tamamı ya rutubet miktarını ya da odunun özgül ağırlığını baz almaktadır. Odun, rutubet miktarına veya özgül ağırlığına göre çeşitli sınıflandırmalara tabi tutulmakta, deneme ve yanlışlıklarla, her bir sınıfı stabilize edecek yöntemler geliştirilmektedir.

Aynı şartlar altında bozunmuş, aynı veya benzer türlerden büyük miktar ağaç malzeme koruma işlemine tabi tutulacağı zaman, bu değerlendirme yöntemi memnuniyet vericidir. Bu yöntemin uygun bir diğer kullanımı, gemi keresteleri için koruma işlemi gerçekleştirilmesinde söz konusudur. Bazı bakımlardan, bu yolla elde edilen deneyim bir ahşap nesneden diğerine taşınabilir. Ancak, bu sınıflandırma sistemi bir ağaç türü için geliştirilip diğer bir ağaç türüne tatbik edilirse veya farklı çevre koşullarında oluşan çürümelerde kullanılırsa güvenilirliği azalmaktadır.

Yaş haldeki arkeolojik odunlar tanımsal olarak, maksimum rutubet miktarında veya ona yakın

bir değerdedir. Yani mevcut bulunan bütün boşluklar suyla dolu demektir. Maksimum rutubet miktarı değeri aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmaktadır:

$$MC_{max} = \frac{1}{S_{o,g}} - \frac{1}{S_{ws}}$$

Burada;  $S_{o,g}$  tam kuru ağırlık / yaş haldeki hacim esasına dayana özgül ağırlık değerini,  $S_{ws}$  odunsu hücre çeperinin özgül ağırlığını veya 1,53 değerini ve  $MC_{max}$  maksimum rutubet miktarını ifade etmektedir.

rnek olarak; başlangıç özgül ağırlığı 0,55 olan bir meşe odunu örneğini ve yine özgül ağırlık değeri 0,36 olan bir kavak odunu örneğini ele alalım. Meşe odununun  $MC_{max}$  değeri yukarıdaki eşitliğe göre % 116 olacaktır. Kavak odununun  $MC_{max}$  değeri de % 212 olacaktır. Eğer meşe odunu ağırlığının % 35’ini kaybederse, bu eşitliğe göre özgül ağırlığı 0,36’ya gerileyecek ve  $MC_{max}$  değeri % 212 olacaktır. Koruma işlemi sınıflandırması bakımından meşe odunu ‘‘nemli ölçüde bozunmuş’’ sınıfa girecektir. Diğer yandan, kavak odunu tamamen bozunmuş olmayacak, sadece çok yüksek bir rutubet içeriğine sahip olacaktır. Bu nedenle, rutubet miktarının bir bozunma derecesi belirleme ölçütü olarak ele alınması durumunda, odun örneğinin orijinal (başlangıç) zgl ağırlığı mutlaka dikkate alınmalıdır.

Bir diğer yararlı teknik, mevcut rutubet miktarının maksimum rutubet miktarını sağlayıp sağlamadığını kontrol etmeye yönelik yapılan işlemlerdir. Eğer mevcut rutubet miktarı maksimum rutubet miktarından önemli ölçüde daha düşükse, odun gerçek anlamda suyla aşırı doymuş (waterlogged) halde değildir ve kuruma sırasında oluşabilecek kollapslar muhtemelen büyük bir sorun olarak ele alınmaz.

### 5.3. Koruma Yöntemleri

Arkeolojik odunlara uygulanan kimyasal koruma işlemleri üç ayrı tipte ele alınmaktadır:

- yüzeyin kaplanması (coating); odun yapısına bir nüfuz söz konusu değildir,
- hücre çeperinin genişletilmesi (bulking) ; hücre çeperine giriş söz konusudur ve hücre çeperinin daralması azaltılır,
- hücre boşluklarının doldurulması (lumen-filling); hücre çökmelerini önlemek ve mekanik özellikleri iyileştirmek için hücre boşluklarının katı bir maddeyle doldurulması söz konusudur.

### 5.3.1. Yüzey Kaplama Yöntemi

Yüzey kaplama yöntemi kuru haldeki arkeolojik odunlarda daha çok uygulama imkânı bulmuştur. Çok çeşitli tiplerde yüzey kaplama ve üst yüzey işlemi ahşap nesnelere tatbik edilmiştir; bu yöntemlerin kullanımı, seçimi ve işlevi bu ders notunun sınırlarını aşacak kadar geniş bir konudur. Yüzey kaplama işlemleri, öncelikle beraberinde mekanik hasarı veya UV ışınlarından kaynaklanan bozunmayı getiren dış hava koşullarında kalmaktan (weathering) oluşan zararları önlemek için kullanılmaktadır.

Yüzey kaplama yöntemi, aynı zamanda, kırılğan yapıdaki kuru ahşap nesnelerin bütünlüğünün ve yüzey kalitesinin sağlanmasında da kullanılmaktadır. Yüzey kaplama işlemleri küçük parçaların yüzeylerinin sağlamlaştırılmasında da kullanılabilmektedir. Polivinil asetat ve mikrokristal mumlar (vakslar) bu amaç için çoğunlukla kullanılan maddelerdir.

Yaş haldeki arkeolojik odunlar PEG ile emprenye edildikten sonra bağıl nemi yüksek olan yerlerde depolanır veya gösterime alınırsa, düşük molekül ağırlıklı fraksiyonlar yüzeylerden dışarıya doğru çıkmak (kanama) eğilimindedir. Bir dizi yüzey kaplama işlemleri işte bu düşük molekül ağırlıklı PEG fraksiyonlarının ahşap nesne yüzeyinde birikmesini önlemek için kullanılmaktadır. Bu amaç için en yaygın kullanılan uygulama, yüksek molekül ağırlıklı yumuşak PEG maddesinin ahşap nesne üzerine ince bir tabaka halinde kaplamasıdır.

### 5.3.2. Hücre Çeperinin Genişletilmesi Yöntemi

Hücre çeperini genişleten maddeler (bulking chemicals) hücre çeperi içeresine girmektedir. Bu maddeler genellikle hücre çeperinin daralmasını önlemek üzere planlanmakta, fakat neredeyse bütünüyle hücre çeperinin (odunun) mekanik özelliklerini değiştirmektedirler. Bazıları çeperin direncini artırırken, diğerleri zayıflatmaktadır. Hücre çeperini genişleten yöntemler reaktif olanlar ve reaktif olmayanlar olarak iki gruba ayrılmaktadır. Reaktif yöntemlerde kullanılan kimyasal maddeler hücre çeperinin moleküler yapıya dâhil olmakta, buradaki su moleküllerinin ineğini almakta, hücre çeperinin genişlemiş veya yarı genişlemiş halinde çeper içeresinde tutulmaktadırlar. Bu maddeler hücre çeperine hidrojen bağları ile bağlanmaktadır, fakat hücre çeperindeki bileşenlerle herhangi bir kovalent bağ oluşturmamaktadır. PEG, şekerler ve tuzlar ise reaktif olmayan yöntemlerde kullanılan maddelerdir. Böyle yöntemlerde, hücre çeperini genişletici madde ile odun bileşenleri arasındaki bağlanma zayıftır ve en azından kuramsal olarak geri dönüşebilir (reversible) yapıdadır. Bu muameleler odunsu hücre çeperinin katılığını artırma eğilimindedir.

Hücre çeperini genişleten reaktif yöntemlerde, bazı kimyasal maddeler hücre çeperine kovalent bağlarla bağlanmaktadır. Hücre çeperi bileşenlerinin çapraz bağlanması da söz konusudur. Böyle işlemler bazen odunu genişletmekte, bazen de odunun daralmasına sebep olmaktadır. Hücre

çeperini genişleten reaktif yöntemlere örnek olarak alkil oksit muamelesi ve termoset reçinelerle yapılan emprenye işlemleri verilebilir. Bu işlemler temel olarak geri dönebilir yapıda değildir. Hücre çeperinin katılığını artırmaktadırlar. Bu yöntemlerin geri dönüşebilir yapıda olmaması nedeniyle korumacılar böyle yöntemlerin adapte edilmesine ihtiyatla yaklaşmaktadır. Fakat yine de bu yöntemlerin klasik tekniklerle yeteri kadar stabilize edilemeyen ahşap nesnelerin korunmasında bir kullanım alanı bulacağı kuvvetle muhtemeldir.

### **5.3.3. Hücre Boşluklarının Doldurulması Yöntemi**

Hücre boşluklarını dolduran yöntemler odunun mekanik özelliklerini iyileştirmekte ve hücre çökmelerini önlemektedir. Kuru odunda, mekanik özelliklerin iyileştirilmesi ana amaçtır, fakat yaş haldeki odunlarda bununla birlikte hücre çökmelerinin önlenmesi işlevinden de yararlanılmaktadır. Hücre çeperleri, odun yapısındaki diğer boşluklarla birlikte katı bir maddeyle doldurulmuş olmaktadır. Kullanılan katı madde çözünebilir veya çözünmez yapıda olabilir. Bu yöntemlerde istenen ve beklenen; nesnenin kımıldayamazlığını (rijitlik) iyileştirmek, hücre çökmelerini önlemek ve bazı hallerde yüzey karakteristiklerini düzeltmektir. Eğer çözünür bir madde kullanılıyorsa yöntem geri dönüşebilir yapıdadır; kullanılan madde çözünmez bir maddeyse yöntem geri dönüşemez bir yapıda olmaktadır.

Kullanılan çözeltilerin konsantrasyonuna bağlı olarak, PEG muamelesi ya hücre boşluklarını dolduran bir yöntem ya da hücre çeperini genişletici reaktif olmayan bir yöntem olarak ele alınabilmektedir. Düşük konsantrasyonlarda, PEG sadece hücre çeperini genişletecektir, daha yüksek konsantrasyonlarda ise hücre boşluklarını da dolduracaktır. Beziryağı gibi diğer su itici karakterdeki maddeler de yüzeye yakın kısımlardaki hücre boşluklarını doldurmaktadır. Bu tip işlemler yüzeye yakın kısımlardaki hücrelerin kırılma oranını ve mekanik özelliklerini değiştirmektedir. Stiren ve metil metakrilat gibi hidrofobik monomerlerin odun içerisinde polimerleştirilmesi, geri dönüşümsüz bir hücre boşluklarını dolduran yöntem olarak ele alınmaktadır.

## BÖLÜM 6

### POLİETİLEN GLİKOLLE KORUMA YÖNTEMİNİN GELİŞİMİNDE WASA AHŞAP GEMİSİNİN ROLÜ

Wasa gemisi 1625-1628 yılları arasında inşa edilmiş bir İsveç ahşap savaş gemisidir. Wasa yapıldıktan sonraki ilk denemesinde felaketle karşılaşmış ve Stokholm limanında batmıştır. Kurtarılmasına yönelik ilk müdahaleler başarısızlıkla sonuçlanmıştır. 1950’li yıllarda araştırmacı Anders Fronzen batık halindeki arşiv dokümanlarını inceledikten sonra 25 Ağustos 1956 yılında kendisinin özel aletleri yardımıyla meşe odunu örneği elde etmiş ve dalgıçların örneğin alındığı yere yaptıkları dalışlarda başka ahşap parçalar bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda bu parçanın 1628 yılında Wasa’nın güvertesinde yer alan bir kanona ait olduğu saptanmıştır. Kurtarma çalışmaları 1958 yılında başlamış ve 1961 yılının başlarında bu parçanın bulunduğu yere özel bir duba yerleştirilmiştir. Bunun etrafına daha sonra Wasa’nın sergilendiği müzenin parçası haline gelen bir yapı inşa edilmiştir. 1956-1961 yılları arasında dalgıçlar Wasa gemi enkazından 15.000 adet ağaç malzeme çıkartmışlardır. Bunun 700 kadarı heykeldir.

1962-1979 yılları arasında çıkartılan parçalar özel olarak inşa edilmiş bir tankın içinde koruma altına alınmışlardır.

#### 6.1. Rutubetli (Islak) Odunda Polietilen Glikol Kullanımının Tarihçesi

##### 6.1.1. Polietilen Glikol Sentezi

Polietilen glikol (PEG)’in ilk sentezi Fransız kimyacı Charles Adolph Wurt tarafından yapılmıştır. Wurt 1959 yılında etilen klorhidride alkali etkisiyle etilen oksit elde etmiş, daha sonra etilen oksiti etilen glikol elde etmek üzere suyla reaksiyona sokmuştur. Sonuç olarak düşük molekül ağırlığına sahip polietilen glikol elde etmiştir.

Bununla beraber 1940’ta yüksek molekül ağırlığına sahip PEG’in üretimi ve kullanımı artmıştır. 1950’li yılların başında arkeolojik odunların korunmasında önemli bir konuma gelen PEG tüm dünyada 5-10 şirket tarafından üretilmekteydi.

PEG’in daralmayı önleyici etkinliğinin ilk keşfi kâğıt üretimi sırasında selüloz liflerindeki şişmeye atfedilmektedir. Alfred Stamm 1940’li yıllarda ABD/Madison’daki Orman Ürünleri Araştırma Laboratuvarında liflerin genişlemesi üzerine çalışmış ve 1956 yılında odunun PEG’le muamelesi sonucu boyut stabilizasyonu sağlandığını belirlemiştir.

### 6-1.2. Yaş Haldeki Arkeolojik Odunların Müzede Korunması

1951 yılında Danimarka Ulusal Müze Korumacısı B.B. Christensen yayınlamış olduğu bir makalede bu tür yerlerde bulunan ahşap malzemenin korunması yöntemlerini tanımlıyor ve eski yöntemlerden daha uygun ve onların yerine geçebilecek yeni yöntemleri araştırıyor; fakat bu makalede PEG'ten bahsedilmiyordu.

Christensen 1970'li yıllarda İsviçre'deki Lund Üniversitesine ait tarihi müze korumacısı Bertil Centerwall'dan suyla aşırı doymuş (waterlogged) odunların emprenyesinde PEG kullanımını öğrendiğini belirterek, 1958 yıllarının başında bununla ilgili denemelere başlamıştır.

**Yöntem Geliştirme**Elde edilen ilginç bulgular bilim adamlarını PEG'i kullanmaya ve ortak çalışmaya itmiştir. Amaçları ise Lund Üniversitesinin tarih müzesindeki ıslak alanlardan çıkarılan örneklerin korunması olmuştur.

1950'li yıllar boyunca Centerwall, PEG'i kullanarak arkeolojik odun elemanlarının korunmasına yönelik çalışmalarına devam etmiştir. Bu çalışmalarda kimyasal ve biyolojik dekompozisyona uğramış farklı özellikteki odun örneklerini 200-20,000 arasında değişen molekül ağırlıklarına sahip PEG kullanarak testlere tabi tutmuştur.

### 6.1.3. Wasa Ahşap Gemisi ve PEG

Saklanma ve koruma problemlerinden dolayı Wasa gemisine ait birçok parça çıkartılmamıştır. Ancak, dalgıçlar bazı parçaları çıkartmışlar ve 1958 yılında bazı küçük heykeller PEG ile muamele edilmiştir. 1959 yılında Wasa gemisine ait 20-30 adet heykel Stokholm'de ziyarete açılmış ve bu heykeller sergi öncesinde, sergi sırasında ve sonrasında PEG çözeltisi ile muamele edilmişlerdir.

**Uzmanlar Grubu.-** 1960 yılının kasım ayında Wasa gemisinin korunması için bir uzmanlar grubu oluşturulmuştur. Bu uzmanlar grubu içinde odun bilimciler ve odun korumacıların yanı sıra kimyacılar, inşaat mühendisleri gibi çeşitli meslek gruplarından bilim adamları da seçilmiştir.

**Muamele Yönteminin Seçilmesi.-** Uzmanlar grubu koruyucu olarak önerilen pek çok ürünü düşünmek zorunda kalmıştır. PEG, mantarlara karşı zehirli bir madde olmadığı için. PEG kullanılacaksa PEG çözeltisinden önce arkeolojik materyalin bir fungusla (mantarlara karşı zehirli madde) önceden emprenye edilmesi veya fungusit maddenin PEG'in içinde çözündürülmesi gerekmiştir.

Fungusit madde olarak Pentaklorfenol, bor bileşikler ve flüorürler düşünülmüştür. PEG'in

kimyasal özelliği ve organik çözücünün yanma riski göz önüne alındığında çözücü olarak sadece su tercih edilmiştir. Pentaklorfenol un PEG çözeltisi içinde çözülmesini sağlamak için pH yükseltici olarak sodyum karbonat kullanılmış; fakat bu karışım asidik karakterdeki Wasa meşesiyle kararlı bir yapı oluşturmadığından sodyum karbonat iptal edilerek bunun yerine borik asit-boraks sisteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

11 değişik borik asit ve boraks karışımı (ağırlık oranları : 10/0, 9/1 .... 0/10 olacak şekilde) hazırlanmış; farklı konsantrasyonlardaki bu bor karışımları PEG 4000 ve 1500'tin %10, 20, 30, 40 ve 50'lik konsantrasyonlarındaki sulu çözeltiğinde çözündürülmüşlerdir. Bor karışımları içinde en uygun olanı 7:3 ağırlık oranına sahip borik asit -boraks karışımı olmuş; PEG için ise %50'lik PEG hariç diğer tüm konsantrasyonlar, uygun olarak bulunmuştur. Bu sistemlerde pH ise 7'nin biraz altı ile 9 civarında değişmektedir. Bu pH değişikliği pentaklorfenol'un çözünürlüğünü arttırmıştır.

9 Nisan 1962 'de Wasa'nın dış kısmının püskürtme yöntemiyle ve borik asit-boraks/ PEG karışımıyla koruma yöntemi uygulamasına başlanmıştır.

## **6.2. Wasa Ahşap Gemisinde Uygulanan Koruma İşlemi**

40 ay boyunca geminin dış yüzeyleri günde bir veya iki kez: iç yüzeyleri de günde en az bir kez olmak üzere püskürtme yöntemiyle muamele edilmiştir. Dış kısma daha sık aralıklarla madde püskürtülerek ıslak kalması sağlanmıştır. Bunun temel nedeni dış kısmın daha hızlı şekilde kurumasıdır. Elle püskürtme pahalı bulunduğu ve etkili bir püskürtme olmadığı için 1965 yılında otomatik püskürtme sistemi kurulmuştur.

### **6.2.1. PEG Kullanmanın Amaçları ve Uygulanması**

Koruma yönteminin uygulandığı ilk zamanlarda duruma bağlı olarak farklı molekül ağırlığına sahip PEG kullanılmıştır. Kereste yüzeylerinde meydana gelen çatlaklardan kaçınmak amacıyla PEG 400 kullanılması önerilmiştir. Asıl koruma aşamasının başlamasından önce Pentaklorfenol'un sudaki çözeltisine PEG 400 ve 800 eklenmekteydi. Önceki verilere göre bu karışım fungusitin odun içine penetrasyonunu (geçme derinliğini) arttırmıştır.

Asıl koruma işlemi 9 Nisan 1962 'de başlamıştır. İlk sistemde püskürtme işlemi için bir hava püskürtücü jet aleti kullanılmıştır. Bu aletin püskürtme işleminin belli bir noktaya yapılmasını sağlayan ve elle tutulmasını kolaylaştıran sivri uçları bulunmaktadır. Başlangıçta PEG 1500 kullanılmıştır. 1962 yılının haziran ayından itibaren PEG 4000 kullanımına başlanmıştır. Ocak 1964'e kadar, sadece geminin dış ve iç döşemelerinin yüzeyleri emprenye edilmiştir. Bu işlemlerde PEG 1500'ün tercih edilmesindeki ana etken diğerlerine göre daha çözünebilir olmasıdır. Yüksek

çözünürlüğün düşük sıcaklıklarda odunda PEG alımını arttıracakı düşünülmüştür.

Diğer yandan, 1960'lı yıllarda Wasa Müzesi laboratuvarında yapılan araştırmalarda; PEG 600'ün Wasa meşesindeki (daralmayı önleyici etkinliğinin PEG 1500 veya 4000'e göre daha yüksek olduğu ortaya çıkarılmıştır. Düşük molekül ağırlığına sahip PEG daha fazla olan higroskopisitesi nedeniyle, aynı bağıl nem şartlarında hücre çeperinin daha yüksek bir rutubette tutulmasını sağlamıştır. Bu sonuçlara dayanılarak, 1971 yılından itibaren empenye çözeltisine PEG 600 ilave edilmeye başlanmıştır.

## Koruma İşlemi Aşamaları

**Püskürtme yöntemi.-** Püskürtme sistemindeki pompanın kapasitesi ve depolama tankındaki koruyucu maddenin hacminin yetersizliğinden dolayı sürekli bir püskürtme sağlanamamıştır. Bu nedenle püskürtme sistemi 45 dakikalık beş istasyona ayrı bölünmüştür. Bu ilk uygulamada, her istasyonda 5 dakika püskürtme 40 dakika püskürtme olmaksızın bekleme süresi esas alınmıştır. Geminin dış döşemeleri tahmin edilenden daha hızlı kurumuş ve bu kısımlara daha yoğun bir püskürtme uygulanmıştır. Bunun için pompalama kapasitesini iki katına çıkaran başka bir pompa devreye alınmıştır. Ayrıca, emprenye çözeltisi tankındaki çözelti seviyesi birim zamanda daha fazla püskürtme yapacak şekilde arttırılmıştır. Bundan sonra, dış kısımlara 25 dakikalık püskürtme, 20 dakikalık bekleme periyotlarıyla işlem yapılmıştır. 1972 yılının kasım aya kadar bu yoğun püskürtme periyodu boyunca söz konusu sistem devam ettirilmiştir.

Bu tarihten itibaren, dış kısımlar için uygulama sistemi 5 dakikalık püskürtme 1 saatlik beklemler şeklinde değiştirilmiştir. Ocak 1974’de, püskürtmesiz bekleme periyotları 2.5 saate çıkarılmıştır. 1975 yılının Ekim ayından 1979 yılının Ocak ayına kadar ise, her 24 saatte bir veya iki kere püskürtme yapılarak uygulama yapılmıştır.

Koruma işleminin bir diğer önemli konusu püskürtme çözeltisindeki PEG'in konsantrasyonudur. Otomatik püskürtme sisteminin ilk 2 yılında PEG konsantrasyonu.%10'un altında tutulmaya çalışılmış; 1967 yılının mart ayında konsantrasyon %5 artırılarak % 15 seviyesine getirilmiş ve bu konsantrasyon 3 yıl devam ettirilmiştir. Yoğun püskürtme döneminin yaklaşık 3 yıl süren son kısmında ise konsantrasyon önce 6 aylık bir periyot için %20'lere doğru çekilmiş ve son 2.5 yılda PEG konsantrasyonu %25 seviyelerine getirilmiştir.

Yoğun püskürtme döneminin sona erdiği, sisteminin daha kısa sürelerle ve daha az aralıklarla devam ettirildiği 1973 yılının ocak ayında PEG konsantrasyonu %5 daha artırılmış ve 9 ay boyunca % 30 konsantrasyon kullanılmıştır. 1974 yılının Ekim aya kadar ise %5 daha

arttırılarak %35 konsantrasyona çıkılmış ve son olarak %45 konsantrasyon kullanılmıştır. Otomatik püskürtme sisteminin kapatıldığı 1979 yılının Ocak aya kadar bu konsantrasyon seviyesinde 4 yıl süreyle daha işleme devam edilmiştir.

**Tank yöntemi.-** Tank yönteminde başlangıç noktası olarak %10'luk PEG konsantrasyonu ve 30 °C sıcaklık önerilmiştir. Bu yöntem Wasa'da bulunan küçük boyutlu meşeden yapılmış heykellerin korunmasında bir hayli etkili olmuştur; Kullanılan tank 5m<sup>3</sup> kapasiteli olup, termoslatlıdır ve devir daim pompasına sahiptir. Burada 7 aylık bir işlem periyodunda uygulama yapılmıştır. İlk 3 ayda konsantrasyon %30 seviyelerinde tutulmuş; daha sonraki 2 aylık dönemde ise %10'luk artışlarla %90'na kadar yükseltilmiştir. Son 2 ayda konsantrasyon % 100'e ulaşmıştır. Sıcaklık ilk 2 ay boyunca 18°C'da sabit tutulmuş, daha sonraki 2.5 aylık periyotta 10 °C'lık artışlarla 70°C'a kadar çıkartılmıştır.

Tank yönteminde molekül ağırlıkları farklı olan diğer PEG'lere oranla daha etkili olduğu düşünülen PEG 4000 kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda, PEG'in molekül ağırlığının seçiminde ağaç türünün ve arkeolojik odundaki bozunma derecesinin etkili olduğu ortaya çıkmış ve bu yüzden bazı zamanlarda PEG 1500 kullanılmıştır.

Arkeolojik çam odunu örneklerinin rutubeti PEG muamelesi öncesi %112-170, muamele sonrasında ise % 18-72 seviyelerinde tespit edilmiştir. Bu çam örneklerindeki PEG miktarı ise %39-92 arasında bulunmuştur. Böylece, çam örneklerindeki PEG miktarı daha yüksek olmuştur.

Arkeolojik meşe odunu örneklerinde de muamele öne esinde çam örnekleriyle aynı oranda rutubet içeriği bulunmuştur. Ancak, bir meşe örneğinde rutubet oranı % 290 çıkmıştır. Rutubet oranı bu meşe örneğinde diğerlerine oranla daha fazla miktarda bir bozuma olduğunun göstermektedir. Muamele sonrası arkeolojik meşe odunlarının rutubeti %12'ye gelmiştir. Meşe örneklerindeki PEG miktarı %0-47arasında değişmiş; rutubeti fazla olan örnekte ise bu oran % 118 olmuştur.

Diğer yandan, PEG konsantrasyonunun %100'e kadar artırılması daralmayı önemli oranda etkilemiştir. %100 PEG konsantrasyonunda meşe odununda teğet yöndeki daralma %9.9 olarak bulunmuştur, bu da %70 PEG konsantrasyonundaki değerin yaklaşık olarak dört katıdır.

Wasa materyaliyle ilgili olarak tank yönteminin ilk uygulamasında, %80'lik bir PEG konsantrasyonu ve 30-60°C'lar arasında sıcaklıklar kullanılmıştır. Yapılan laboratuvar testlerinden sonra, tank yönteminin iş akışında bir takım değişimler söz konusu olmuştur. Testlerden elde edilen ilk değerlendirme, sıcaklığın nispeten yüksek ve işlem boyunca sabit tutulması gerektiğidir. Wasa materyali için bu sıcaklık seviyesi 60°C olarak seçilmiştir.

Laboratuvar testlerinin tamamlanmasından sonra, bütün tank yöntemi uygulamalarında işlem ahşap materyalin-PEG çözeltisi sisteme, eklenmeden önce- borik asit-boraks karışımının sulu çözeltisi içinde ısıtılmaya başlamıştır. Daha sonraki aşamalarda, tank yöntemiyle muamele edilen

her bir materyal için bireysel işlem akışları uyarlanmıştır. Bu işlem akışlarında, PEG'in nihai konsantrasyonu ve işlem boyunca olan günlük konsantrasyon artışları ahşap materyalin durumuna ve elde olunan bilgilere göre değişim göstermiştir.

Genel olarak söylenirse, hem meşe hem de çam türleri için Wasa ahşap gemisine ait materyallerin tank yöntemine göre muamelesinde, 60°C'da işlem yapılmış ve PEG 4000 kullanılmıştır. Çam türü için yapılan uygulamada PEG'in nihai konsantrasyonu biraz daha yüksek tutulmuş ve konsantrasyon artırma hızı da meşedeki uygulamadan biraz daha büyük olmuştur.

### **6.2.1. Koruma işleminin Değerlendirilmesi**

Koruma işlemim değerlendirmek ne zaman uygun olacaktır? Değerlendirme için hangi kriterlere ihtiyacımız vardır? Birinci sorunun cevabı koruma işleminin sonucunun alındığı ve bu sonucun kendi kendisini belgelediği zaman olsa gerektir. İkinci sorunun cevabı ise PEG işleminden beklenen hedeflere göre şekillenecektir. Bu hedefler çatlakların, yarıkların ve istenmeyen boyut değişikliklerinin önlenmesi olarak ifade edilebilmektedir. Bunun için de odunun kuruması sırasında doğal olarak meydana gelen daralmanın tamamen denetim altına alınması gerekmektedir.

PEG'le yapılan muamelede daralmayı tamamen engellemek mümkün müdür? Wasa'nın meşe kısımlarının korunmasında PEG 600 kullanıldığı takdirde herhangi bir daralma meydana gelmediği belirlenmiştir. Bu durum ortamdaki sıcaklığın 20 °C, bağıl nemin ise %85 civarında ve odundaki PEG oranının en az %40 olması ile sağlanabilmiştir. PEG 1500'de ise aynı sonuç bağıl nemin %90 ve odundaki PEG oranının %50 olması ile sağlanabilmiştir. PEG 4000 ile ise bunun tam tersi bir durum söz konusu olmakta; bağıl nem ve odundaki PEG oranı ne olursa olsun boyutların değişmeden kalması mümkün görülmemektedir.

Geminin dış kısmının korunması için, odun içeresine yüksek miktarda PEG aliminin söz konusu olduğu periyot sırasında PEG 600 kullanılmıştır. Bununla birlikte, odunun bazı kısımlarında, PEG oranının daralmayı önleyecek kadar yüksek olmadığı belirlenmiş, hatta bu istenilen bağıl nem seviyeleri sağlansa bile değişmemiştir. Öte yandan, Wasa gemisini sürekli yüksek bir bağıl nem ortamında tutmak da mümkün atmosfer şartlarına bağlı olarak pratik bulunmamıştır. Daha önce de belirtildiği gibi Wasa için seçilen bağıl nem 20°C'da %60'dır. Dolayısıyla, odundaki; farklı PEG oranlarının %60 bağıl nemdeki etki dereceleri ilginç hale gelecektir. Bu etkilerin ölçülmesi için daralmayı önleyici etkinlik (DÖE) değerleri kullanılmıştır. DÖE aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

Burada,

S: daralma miktarı

$V_{yaş}$ : yaş haldeki hacim

$V_{airu}$ : seçilen bağıl nemdeki hacim değerleridir.

Buradan yola çıkılarak, daralmayı önleyici etkinlik (DÖE) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$DÖE = \frac{SO - SPEG}{SO}$$

Formülde;  $S_0$ : PEG işlemi olmayan odundaki daralma miktarı

$S_{PEG}$ : PEG işlemi yapılan odundaki daralma miktarı değerleridir.

Laboratuvar testlerinden sonra hesaplanan DÖE değerlerinin örneğin odundaki PEG oranları % 10, 20 ve 25 olduğunda, sırasıyla % 20,39 ve 49 olduğu (%60 bağıl nemde) bulunmuştur. Böylece, orta derecede PEG oranlarında bile bir daralmayı önleme etkinliği elde edilmiştir. Ayrıca PEG muamelesi ve odunun yüzey tabakalarında kalan PEG odunun kuruma oranını düzenlemekte ve bu düzenleme sayesinde sonuç olarak çatlak ve yarıklar kendiliğinden azalmaktadır.

### PEG Muamelesi ve Ağaç Türleri

İlk gruptaki denemelerde, çam örneklerinin muamelesinde aynı gruptaki meşe örneklerine göre PEG penetrasyonu daha iyi bulunmuştur. Bu durum daha küçük ilk grupta küçük boyutlarda çam örneklerinin kullanılmasına bağlanabilir. Bu açıklamanın geçerli olduğunu anlamak için, kalınlığı az olan, ince bir meşe örneğindeki PEG oranı eşit boyutlardaki çam örneği ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 4'te yüzey tabakası dışında meşe örneklerinin iç merkezindeki PEG oranları, çam örneklerinin aynı yeriyile karşılaştırılmakta; meşedeki değerlerin çamdaki değerlerin yaklaşık %10'u kadar olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Meşe ve çam örneklerindeki PEG ve su ( $H_2O$ ) oranları.

|                               | PEG Oranı (%)     |                  | H2O Oranı (%) |     |
|-------------------------------|-------------------|------------------|---------------|-----|
|                               | Meşe <sup>a</sup> | Çam <sup>b</sup> | Meşe          | Çam |
| Gemiden<br>alındığı<br>tabaka |                   |                  |               |     |
| 1                             | 39                | 51               | 92            | 100 |
| 2                             | 4.4               | 45               | 38            | 80  |
| 3                             | 3.0               | 50               | 39            | 81  |
| 4                             | 2.8               | 49               | 42            | 82  |

a: kalınlık 41 mm

b: kalınlık 42 mm

Tablo 4’de görüldüğü gibi, koruma işlemi sonrasında çam örneklerinin iç kısımlarındaki rutubet içerikleri meşe örneklerinden daha fazla bulunmuştur. Bu durumun çam ve meşe odunları arasındaki farklılıktan kaynaklandığı söylenebilir. Koruma işlemi başlangıcında, yüzey tabakalarından alınan örneklerdeki en yüksek seviyedeki su içeriği meşede %200, çamda ise %240 olarak tespit edilmiştir. Daha iç tabakalarda her iki tür için de rutubet miktarı %150’ye gerilemektedir.

### 6.3.Yaş Haldeki Odunda PEG Alımının Mekanizması

Odunun daralmasında PEG’in etkisi, odunun sekonder hücre çeperindeki PEG molekülleriyle oluşturmaktadır. Tartışmalar, farklı büyüklükteki PEG moleküllerinin sekonder çepere kadar nasıl penetre olduğu üzerine devam etmektedir. Bununla beraber TTC moleküllerinin sekonder çepere penetre olmadan önce, PEG’in öncelikle odun yapısına girmesi gerekmektedir. Bunun gerçekleştirmenin iki yolu vardır. Birinci yol; PEG’in odunun içine batırıldığı yüksek konsantrasyonlu PEG çözeltisinden odunun içindeki daha seyreltik yapıdaki PEG çözeltisine doğru olan moleküler difüzyonudur. Eğer odun suyla tamamen doymuş durumdaysa bu seçenek tek yoldur ve batırma yöntemiyle en iyi şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Diğer yol odun dokusunun içine doğru PEG çözeltisinin sıvı

akışını sağlamaktır. Bunu sağlamak için odunun suyla doymuş olmaması gerekir ve bunu daldırma veya vakum-basmıç yöntemi şeklinde yapmak koruma işlemini etkileyebilmektedir.

Wasa’nın ana gövdesinin püskürtme yöntemiyle ve gemiden ayrı elde edilen diğer parçaların tank yöntemiyle ile emprenye edilmesinde PEG, borik asit ve boraks’ın sulu çözeltileri kullanılmıştır. Yapılan bütün uygulamalarda, PEG çözeltisi başlangıçta düşük konsantrasyonda kullanılmaya başlanmış; daha sonra işlem sonuna doğru konsantrasyonu

yükseltilmiştir. Tüm işlemler boyunca borik asil-boraks karışımının çözelti konsantrasyonu %1-4 arasında tutulmuştur. Muamele edilmiş odundaki PEG dağılımının homojen olmadığı gözlenmiştir. Buna karşılık, bor bileşikleri homojen dağılım göstermiştir. Borik asitli, örneklerde yapılan analizlerde borik asidin odunun her yerinde eşit dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

Borlu maddeler ile PEG arasındaki bu difüzyon farklılığı beklenen bir durumdur. PEG moleküllerinin kimyasal karakteristiği, büyüklüğü ve yavaşlığı, PEG 'in odun yapısı içine difüzyonu yerine daha ziyade sıvı akışı yoluyla penetre olmasını sağlamaktadır.

Tank yöntemi ile muamelede batırma işlemi sırasında örnekler ağırlık kaybına uğramıştır. Bu durumun tek açıklaması; su moleküllerinin PEG moleküllerine göre daha kolay hareket etmesi sonucu odundan dışarıdaki PEG'çözeltisine difüze olmasıdır.

### **6.3. PEG Kullanımındaki Sınırlamalar**

PEG'in yaş haldeki odunda koruyucu madde olarak kullanımının uygun olmadığı sadece birkaç durum söz konusudur. Birincisi; nesne eğer dış hava koşullarına maruz kalacaksa, bu durumda PEG çözeltisi yağmurlu ortamda odundan yıkanacaktır. Çatı malzemesinde bile PEG'in higroskopik özelliği onu bağıl nemin %80'nin üstünde olduğu durumlarda yıkanır kılacaktır. Dış hava koşullarına maruz kalacak ahşap arkeolojik malzemelerin bir vernik tabakasıyla kaplanması koruma sağlayabilecek ve PEG'in higroskopisite etkisini geciktirebilecektir, ancak bu tavsiye edilmemektedir.

Boyanmış yaş haldeki arkeolojik odunların PEG'le muamelesi bazı sorunları beraberinde getirmekte ve boya tabakası tank yöntemi uygulaması sırasında kopmaktadır. Bu durum önemsiz sayılabilecek derecede boyalı WAS A heykellerinde bile meydana gelmiştir. Diğer yandan, odun boyutsal stabilizasyon sağlayan bir madde ile muamele edilmediğinde boya tabakası odunun daralmasından dolayı da soyulmaya ve kopmaya başlayacaktır.

PEG'in verniklerde ve bazı boya bağlayıcı ortamlarda plastikleştirme etkisi vardır. Bu etki boyanmış yüzeylere PEG çözeltisinin püskürtülmesi veya sürülmesini engellemektedir. Nesnelerin boyanmamış yüzeylerinin PEG'le muamelesinde bile PEG'in odun yapısı içinde hareket ederek sonunda boyalı yüzeylere ulaşmasından dolayı tehlike ortaya çıkabilir. Bu şekilde uygulanan tek taraflı bir koruma işlemi boyut stabilizasyonu açısından uygun olmayabilir. Bu yüzden, boyanmış ahşap arkeolojik nesneler başka tür boyut stabilizasyonu sağlayan maddelere ihtiyaç duymaktadır.

25 yılı aşkın bir süre devam ettirilen Wasa, gemisi projesi, PEG'in suda beklemiş malzemelerde boyut stabilizasyonu sağlayan bir koruyucu madde olarak değerlendirilebileceğini

göstermiştir. Yapılan çalışmalar sırasında hiçbir beklenmeyen ve istenmeyen sonuç elde edilmemiştir. Bu nedenle PEG'in, yüksek rutubetli odunların veya suyla aşırı doymuş arkeolojik odunların korunması için önerilebilecek bir madde olduğu ortaya çıkmıştır. Kullanılacak PEG molekülünün büyüklüğünün seçiminde ise odun türü ve bozunma derecesi dikkate alınmalıdır. Ayrıca arkeolojik ağaç malzemenin sergileneceği ve/veya saklanacağı ortamın iklim şartlarını da düşünmek doğru tercih açısından önemlidir.

## BOLÜM 7

### ARKELOJİK ODUNLARIN DEPOLANMASI VE SERGİLENMESİ

Müzeler doğal materyallerin, tek veya birden fazla kültürü yansıtan materyallerin saklandığı ve sergilendiği yerlerdir. M.Ö 290 yılında, Ptolemy, biyolojik ve kültürel nesneleri barındıran öğrenme amaçlı bir enstitü oluşturmuş ve bu müze olarak isimlendirilmiştir. İnsan eliyle yapılmış ahşap nesneler çok önemli eski kültürlerin parçalarını temsil ederler. Tarihsel olarak odun, ısıyla, suyla ve değişik aletlerle kolayca işlenebilmesi ve beceriyle kullanılması nedeniyle birçok kültürün ihtiyacı olan bir materyal olmuştur.

Arkeolojik odunlar müze koruma uzmanlarına kendine özgü bir takım endişeleri de beraberinde getirmektedir. Organik bir materyal olan odun bulunduğu ortamdaki kuvvetlere karşı çok hassastır. Organik materyaller, kendi doğal yapılarından dolayı devamlı olarak bulundukları ortamda gerek biyolojik gerekse kimyasal bozunmaya maruz kalırlar. İnsan eliyle yapılmış ahşap nesneler, bulundukları doğal ortamdan alınarak yerleri değiştirildiğinde bozunmanın ilerlemesi ertelenmiş olmamaktadır. Bu nesneler müzelere getirildiğinde, müzede bulundukları ortamın etkisi nesnelerin iç kısımlarına kadar yayılabilmektedir.

İşte tam bu noktada bir çelişki (paradoks) bulunmaktadır. Kültürel örnekler olan veya kültürleri yansıtan ahşap nesneler gerek ziyaretçilere gerekse araştırmacılara geçmiş hakkında bilgiler sağlar. Bununla birlikte, çok narin olan bu ahşap malzemelerin kamuya ait yerlerde sergilenmesi bu malzemelerin daha fazla bozunmasına neden olabilir. Ziyaretçilerin ihtiyacı ile bu malzemelerin korunması arasındaki hassas denge müzede çalışan görevliler tarafından takip edilmelidir. Sabit hava koşulları (sıcaklığın kontrolü, ışık ve havanın kirliliği) ağaç malzemelerin etkilenmemesi için, sağlanmak zorundadır.

#### 7.1. Sergileme ve Depolama Ortamı

Koleksiyonların saklanması ve sergilenmesi sırasında meydana gelen bozunmanın mekanizması çok yalın zamanda bilimsel araştırmalara konu olmuştur. Nesnenin sergilenmesi sırasında konulduğu ortamın, sıcaklık ve rutubetin düzenlenmesi ve ışığın etkisi gibi etmenlerin kırılabılır ahşap parçalar için çok önemli olduğu ispatlanmıştır.

##### 7.1.1. Rutubet ve Sıcaklık

Su odun içerisinde su ve su buharı halinde bulunmaktadır. Odun yapısında, su hücre lümenlerinin içerisini doldurur ve hücre çeperine hidrojen bağlarıyla kimyasal olarak bağlanır. Odun içerisinde ne kadar bağlı ve ne kadar serbest suyun olduğunun belirlenmesi için, rutubet miktarı hesaplanabilir. Eğer serbest suyun tamamını uzaklaştırarak ve sadece hücre çeperinin doymuş hale getirilmesiyle odun kurutulursa, lif doymuşluğu noktasına ulaşılır. Bu noktanın altında kurutma

işlemine devam edilirse, su ve hücre çeperi arasındaki kimyasal bağların kopmasına neden olunur. Hücre çeperindeki hidroksil gruplarından suyun uzaklaştırılması nedeniyle oluşan kuvvet hücre çeperinde hasara ve hücrelerde kollapsa neden olmaktadır.

Odun bulunduğu ortamdaki değişikliğe birçok farklı biçimde tepki göstermektedir. Örneğin, odunun bulunduğu çevre şartları sabitlendiğinde odun kendisini dengeye ulaştırır. Denge rutubet miktarı odun rutubetinin sabitlenmesiyle açıklanır. Bununla birlikte, eğer odunun bulunduğu ortamın şartları devamlı değişiyorsa, odun ortamdaki rutubetin azlığı veya fazlalığına göre tepki vermektedir. Genel olarak, rutubetli veya nemli hava odunun genişlemesine dolayısıyla mantarların gelişmesi için uygun ortamın oluşmasına neden olur. Eğer hava çok kuru ise, odun daralır ve daha kırılgan bir yapı kazanır. Ortamdaki havanın bir nemli bir kuru olarak değişmesi, odunun çatlamasına, çarpılmasına ve daralmasına neden olabilir. Odun anisotropik bir materyaldir. Diğer bir ifadeyle odun teğet, radyal ve lifler yönünde farklı oranlarda genişlemekte ve daralmaktadır.

Havada bulunan su buharının miktarı ortamın sıcaklığı ile ilişkilidir. Bu nedenle, odun-su ilişkisini anlamak açısından, sıcaklık ve bağıl nem arasındaki ilişkiyi anlamak çok önemlidir. Bağıl nem ortamda bulunan su buharının, havanın maksimum su buharı tutabilme miktarına oranının ölçümüdür.

Hava sıcaklığı, bağıl nem ile ortamın kararlılığı arasındaki ilişkide önemli rol oynar. Genel olarak serin hava sıcak havaya oranla daha az su tutabilir. Eğer serin bir hava ısıtılırsa, bu yeni ısıtılmış hava daha fazla su tutabilir.

Bu tanımlamalar, müzelerde bulunan ısıtma-soğutma sistemlerinin denenmesiyle gerçek hayattaki durumlara aktarılabilir. Isıtma ve soğutma işlemi müzelerdeki havanın rutubeti kontrol edilemeden yapıldığında, mevsimsel bağıl nem değerleri arasındaki farklılıklar çok fazla olabilir. Sistemdeki bu değişiklik nedeniyle, müzelerde bulunan arkeolojik ahşap örnekleri her bağıl nem-sıcaklık dengesinin değişimiyle denge rutubetine gelmeye çalışacaktır. Odunun rutubet alıp vermesiyle, odun yapısı gerilim altına girer. Eğer çok şiddetli bir kurutma işlemi uygulanırsa, hücre çeperleri çöker ve yapısal bozukluğa neden olur. Özellikle boyanmış ahşap paneller ortamdaki koşulların değişimine karşı son derece hassastır.

### **7. 1.2. İklim kontrolü**

Müzedeki arkeolojik ahşap materyallerin muhafaza edilmesini sağlamak için hangi ana noktalar göz önüne alınmalıdır. En mükemmel çevre (sergileme, koruma) şartlarına ortamın inişli çıkışlı değişimler göstermediği durumlarda ulaşılmıştır. Ortamdaki koşulların değişim oranlarının az olması şartıyla, mevsimsel değişimlerden dolayı meydana gelen farklar önemli değildir. Boyasız) ahşap materyallerin müzelerde muhafaza edilmesi sırasında, ortamdaki koşulların 19-24 °C sıcaklık ve % 45-55 bağıl nem değerlerinde olması tavsiye edilmektedir. Düşük bağıl nem seviyelerinde,

odunda çatlamalar ve boyutsal değişimler meydana gelir. Eğer ortamın bağıl nemi %65'den fazla ise küflenme hızlanır.

Bu ortam koşulları İngiltere, Hollanda, Belçika, Fransa, Almanya ve İskandinavya ülkeleri için makul olabilir. Bununla birlikte, mevsimsel farklar göz önüne alındığında bu değerlere ulaşmak gerçekçi değildir. Özellikle kış mevsiminde binalar içerisinde, bu rutubet miktarını dışarıdaki soğuk havaya rağmen sağlamak makul olmamaktadır.

Müzede ortam koşullarının tamamının kontrol edilmesi yerine daha ekonomik çözümler sunulmaktadır. Örneğin, her bir muhafaza kutusu (kabı) içerisindeki ortamın ayrı ayrı kontrol altına alınması tavsiye edilmektedir. Bu sayede birçok sorun kolayca giderilebilmektedir.

Göz önüne alınması gereken en önemli konu, odun materyallerin bulundukları ortamda dengeye gelmesidir. Aşırı iklim değişimiyle medyana gelen hasarlar başlangıçta kolayca görülmeyebilir ve bu nedenle dengeye getirmeye zorunludur. Ortam şartları her bir materyal için ayrı ayrı sağlanmalıdır.

### **7.1.3. Muhafaza Kutusu (Kabı)**

Eskiden ideal muhafaza kutuları ahşap malzemelerden yapıldı. Contalı ve girişli paneller havanın giriş çıkışını engellemektedir. Bununla birlikte müzedeki sıcaklığın artmasıyla muhafaza kutusundaki iç sıcaklık daha da artacağından, bu durum bağıl nemin düşmesine neden olmaktadır. Bu yüzden, her bir muhafaza kabının içerisindeki koşulların kontrol edilmesine ve gerekli sıcaklık ve bağıl nemi sağlayacak sistemlerin bulunmasına ihtiyaç vardır. Muhafaza kutularının ahşaptan yapılmış kısımları her ne kadar bağıl nem değişimiyle reaksiyon gösterse de odun ağırlığının ancak % 9-11 kadar rutubet absorbe edebilir. Yeni sistemler bağıl nem değişimlerini düzenleyebilmeli ve istenen bağıl nem oranına sabitleyebilmelidir. Bu sayede, ahşaptan yapılmış malzemeler bulundukları ortamın denge rutubetine ulaşmaktadırlar.

**Silika jel.-** Muhafaza kutularının içerisindeki rutubet oranının, daha önceden kimyasal olarak kondüsyonlanmış silika jel ile kontrol edilebileceğini bulmuştur. Silika jel ağırlıkça %30 rutubet absorbe edebilir. Silika jel %55 bağıl neme kondüsyonlamp muhafaza kapının içerisine yerleştirildiğinde, rutubet değişimlerini azaltmasının yanında, bağıl nemdeki küçük değişimlere karşı da tampon görevi üstlenmektedir. Bununla birlikte, silika jel kullanımı ekonomik olmayabilmektedir. Her bir muhafaza kutusunun içerisine ayrı ayrı yerleştirileceğinden çok fazla miktarlarda silika jele ihtiyaç vardır, ayrıca, bunların kutulardan alınıp tekrar yerleştirilmesi de işçilik giderlerini artırmaktadır.

Bu sorunu, çözmek için, Nikka peletlerinin ve Artsorb'un silika jel yerine kullanılması önerilmiştir. Bu rutubet çekicilere halen çok fazla miktarlarda ihtiyaç duyulmasına rağmen, silika jele oranla rutubet çekme kapasiteleri daha yüksektir ve dolayısıyla ihtiyaç duyulan miktarlar daha

azdır.

**Hava değişimi.-** Muhafaza kutularındaki ortamın koşullarını gösteren mekanik kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler müzedeki muhafaza kutularının dışındaki havayı belirlenen bağıl nem oranına getirmekte ve daha sonra bu kondüsyonlanmış havayı düşük bir basınçla kutuların içerisine taşıtmaktadır. Bu sistem kutuların içerisindeki havanın günde birkaç kez değiştirilmesini sağlar. Havanın günde birkaç kez değiştirilmesi, gerek kutuların yapıldığı malzemelerden gerekse kutular içerisindeki sergilenen materyallerden yayılan kirleticilerin kutu içerisinden uzaklaştırılmasını sağlar.

Muhafaza kutularının içerisindeki ve dışındaki hava değişimini daha iyi anlayabilmek için, Thomson higrometrik yarı zamanlı sistemin ilkelerini açıklamıştır. Eğer buhar değişimi tahmin edilebilirse, kutuların içerisindeki mikro-iklimler güvenli olarak kontrol edilebilir ve ayarlanabilir. Thomson'un bildirdiği yöntemin kullanılmasıyla, gerekli hava değişimini sağlayacak silika jel miktarının 20 kg/m<sup>3</sup> olduğunu hesaplanmıştır. Ancak, büyük muhafaza kutularında buhar değişimi ile kontrolü sağlamanın mümkün olmayacağını bildirilmiştir. Bu nedenle hem kimyasal hem de vantilatör ve pompa gibi mekanik tamponların birlikte kullanılması tavsiye edilmiştir.

**Sıcaklık.-** Arkeolojik odunların muhafaza kutularında sergilenmesi sırasında, bağıl nem ve sıcaklık arasında karşılıklı ilginç bir etkileşim görölmektedir. Normal olarak, muhafaza kutuları içerisindeki sıcaklık artığında bağıl nem azalmaktadır. Bununla birlikte, rutubet içeren materyallerde sıcaklığın artmasıyla bağıl nem artmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda su odundan buharlaşarak uzaklaşır. Bu uzaklaşan serbest haldeki su buharı, rutubeti bünyesine alma potansiyeli yüksek olan ısınan havaya girer. Sonuçta, muhafaza kutusundaki ortamın bağıl nemi artar.

**7.1.4. Işık.-** Işığın üç temel bileşeni (mor ötesi, görünen ve ultraviyole ) farklı dalga boylan yayar. Bu üç bileşen gün ışığında bulunmaktadır. Odun görünen ve ultraviyole ışığa maraz kaldığında, renk değişimi meydana gelir. Işık odunun sadece yüzeyine nüfuz ettiğinden, ışıklardan kaynaklanan bozunma yüzeyden sadece birkaç milimetre içeriye kadar olan mesafede gerçekleşir. Odunda kromoforik gruplar tarafından absorbe edilen ışık kimyasal bağların kopmasına, serbest radikallerin oluşmasına ve odun polimerlerinin depolimerleşmesine neden olmaktadır. Selüloz ve hemiselülozların 230 nm (nanometre) altındaki dalga boylarında ışığı güçlü olarak absorbe ettikleri ve ayrıca, 400 nm'ye kadar olan dalga boylarındaki ışığı da değişik seviyelerde absorbe ettikleri belirlenmiştir. Lignin ise 200 nm'nin altındaki ışığı güçlü olarak absorbe etmektedir.

Güneş ışığı lignini polisakaritlere göre daha kolay bozundurur. Dış ortama maruz bırakılmış arkeolojik ahşap malzemelerin yüzeyinden alınan örneklerde yapılan kimyasal analiz sonucunda lignin miktarının azaldığı belirlenmiştir. Bu kayıp ligninin fenolik hidroksil gruplarının ışıkla oksidasyonu sonucunda meydana gelmektedir. Bozunma ilerlerken lignindeki metoksil miktarı azalırken, karboksil miktarı artar. Bu nedenle de odun daha asidik bir yapı kazanır. Selülozik ve hemiselülozik alkol grupları da güneş ışığıyla oksitlenir ve karboksil grupları oluştururlar. Ksiloz ve arabinoz glukoza oranla hidroliz olmaya karşı daha hassastırlar.

Yukarıda ayrıntıları verilen hususlara dikkat edilerek yapılan sergileme ve/veya depolama işlemleri herhangi bir olumsuz sonuca yol açmayacaktır. Ancak, bu hususların sürekli kontrol altında tutulması, binlerce yıl öteden günümüze kadar gelen arkeolojik ahşap materyallerin, yani bir anlamda insanlığın tarihi mirasının korunması ve gelecek kuşaklara aktarılması bakımından çok büyük önem taşımaktadır.

## BÖLÜM 8

### AHŞAP KONSERVASYONU VE RESTORASYONU

Mimarlık sözlüğüne göre ‘koruma’ terimi: “Tarih ya da sanat değeri taşıyan yapıların, doğal değerlerin ya da kent parçalarının yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli önlemleri almak” olarak ifade edilmektedir (Hasol, 1998). Bu ifadeden de anlaşıldığı üzere bir binayı yıkmak, yıkılmasına seyirci kalmak, yıkıp bir benzerini inşa etmek veya yalnızca süslemelerini muhafaza etmek “korumak” anlamına gelmemektedir (Erdin 2012).

Ülkemizin her bölgesinde insanımızın yaratıcı dehasıyla, farklı üslup ve tasarımlarda yapılandırılan ahşap mimariler, en üst düzeyde korunmayı hak etmektedir. Yerel ve merkezî yönetimler mevcut ahşap yapıları korumak üzere belli düzeyde çaba sarf etmektedirler. Fakat doğru onarımlar için özellikle yöntem konusu üzerinde uzlaşılması gerekmekte, uluslararası koruma ilkeleri ve standartlarına bağlı kalarak liderlik yapanlara ve ilgili uygulamacılara gereken fırsatları ve imkânları sunmak gerekmektedir.

Eski zamanlarda yalnızca cami, köşk, saray gibi tarihi ve kültürel değere sahip yapıların korunmasına önem verilirken şimdilerde sivil mimari örneği yapıların korunmasına, bakım ve onarımlarına da önem verilmektedir (Erdin 2009). Özellikle eski binalarda meydana gelen hasarın tespiti önemli bir konudur. Hasarın şekli ve büyüklüğü ile ilgili detaylı bir inceleme yapmak gerekir. Bu amaçla kullanılan alet ve ekipman yapıya zarar vermeyen şekilde, taşınabilir ebatlarda ve kullanışlı olmalıdır. Eski binalardaki hasarın tespitinde kullanılan yöntemler, ekipmanlar ve çalışma prensipler Tablo 5’te verilmiştir (Erdin 2009, Unger ve ark. 2001).

Tablo 5. Hasar tespitinde kullanılan yöntemler

| Metotlar | Ekipman                                                                                                | Test Edilen Özellikler                                                                     | Uygulama Alanları                                | Avantajları                                                                             | Dezavantajları                                                                                     |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mekanik  | Artım Burgusu                                                                                          | Rutubet<br>Yoğunluk<br>Mekanik Öz.<br>Biyolojik<br>Bozunma<br>Eprenye maddelerinin analizi | Ağaçlarda ve Ahşap strüklerde                    |                                                                                         |                                                                                                    |
|          | Pilodin, Densitomat vb. (Penetrasyon derinliğini ölçme)                                                | Yoğunluk<br>Sertlik<br>Biyolojik bozunma                                                   | Ahşap strüklerde, Suya doymuş ahşap bulgularında | El aleti<br>Yerinde ölçüm kolaylığı<br>Düşük maliyet                                    | Ahşaba az da olsa zarar verir.<br>Özellikler tam ölçülmez                                          |
|          | Resistograf vb. (Direnci ölçme)                                                                        | Yoğunluk, Biyolojik bozunma                                                                | Ağaçlarda ve ahşap strüklerde                    | Kullanımı kolay<br>Taşınabilir,<br>Ekonomik<br>Yerinde ölçümler<br>Print edilen veriler | Zarar verir<br>Özellikler tam ölçülmez.<br>Çürümüş alanların belirlenmesi test noktasına bağlıdır. |
| Elektrik | Elektrik direnci veya iletkenliği, Dielektrik Sabitesinin belirlenmesinde mikrodalgaların kullanılması | Rutubet miktarı (çürüklükte)                                                               | Ağaçlarda, ahşap strüklerde kültürel varlıklarda |                                                                                         |                                                                                                    |
|          | Işık ve elektron Mikroskobu                                                                            | Biyolojik hasar, Kimyasal degradasyon, Sağlamaştırma maddelerinin tortuları                | Ahşap strüklerde, Suya doymuş ahşaplarda         | Daha doğru tanımlar, erken safhalarda tanı, fotoğraf kayıtları                          | Zarar verir, Pahalıdır, Hazırlık zaman alabilir, Laboratuvar metodudur.                            |
|          | Endoskopi                                                                                              | Biyolojik Bozunma                                                                          | Binalarda ulaşılabilen Boşluklar                 | Nispeten kolay, Basit, Yerinde kontrol İmkânı, Fotoğraf kayıtları alınır.               | Zararlı, Delik açmak gerekir.                                                                      |
|          | Holografi                                                                                              | Çatlaklar, Çürüklük, Tabakalı malzemeler                                                   | Kültürel varlıklar                               | Zararsız, Fotoğraf kayıtları alınır.                                                    | Laboratuvar metodu. Henüz tam geliştirilmemiş.                                                     |

|                         |                                                                                                                            |                                                                            |                                                                                   |                                                                                               |                                                                                                                                         |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IR Spektroskopi         |                                                                                                                            | Rutubet miktarı,<br>Biyolojik<br>Bozunma                                   | Sanatsal ve<br>arkeolojik<br>objeler                                              | Zararsız ya da<br>çok az zararlı,<br>print alınır.                                            | Laboratuvar<br>metodu,<br>Sadece<br>yüzeylerdeki<br>rutubet miktarı<br>test edilebilir                                                  |
| Akustik                 | Ultrasonik<br>dalgalar                                                                                                     | Odun kusurları,<br>Çürük bölgeler,<br>Böcek zararı                         | Ahşap<br>strüktürler,<br>Ahşap işleme<br>aşamalarında                             | Zararsız,<br>Yerinde ölçümler<br>yapar.<br>El aletidir.                                       | Objeye ulaşılabilir<br>olmalı,<br>sağlam ahşabın<br>yoğunluğu<br>bilinmelidir,<br>düzgün<br>olmayan<br>yüzeylerde<br>güçlük<br>yaratır. |
|                         | Akustik<br>Emisyon                                                                                                         | Çürüklük,<br>İç gerilmeler<br>Aktif böcek<br>İstilasası                    | Ahşap<br>strüktürler,<br>Kültürel<br>varlıklar                                    | Zararsız,<br>Yerinde ölçümler<br>yapar.<br>Termit testi için<br>pratikdir.                    | Ev teke böceği<br>için laboratuvar<br>metodu                                                                                            |
| Radyografik             | X-ışınları                                                                                                                 | Makroskopik odun<br>Odun yapısı,<br>Yoğunluk,<br>Çürüklük,<br>Böcek zararı | Taşınabilir<br>kültür<br>varlıkları.<br>Emprenye<br>maddelerinin<br>Test edilmesi | Zararsız<br>görüntü alınır.                                                                   | Aletin taşınma<br>güçlüğü.<br>Laboratuvar<br>metodu.                                                                                    |
|                         | Gamma-ışını<br>densitometri                                                                                                | Rutubet miktarı,<br>Yoğunluk,<br>Çürüklük                                  | Ahşap<br>strüktüreler,<br>Odun koruma                                             | Zararsız                                                                                      | Pahalı<br>Taşınabilir<br>formu<br>geliştirilmekte.                                                                                      |
|                         | Nötron<br>Radyografi                                                                                                       | Rutubet<br>miktarı                                                         | Ahşap işleme<br>aşamalarında                                                      | Zararsız                                                                                      | Veriler<br>Yoğunluğa bağlı                                                                                                              |
| Nükleer<br>Manyetik     | Tomografi                                                                                                                  | Rutubet miktarı<br>ve dağılımı,<br>Sağlamaştırma<br>maddelerin<br>dağılımı | Suya doymuş<br>ahşap bulgular                                                     | Zararsız<br>görüntü alınır.                                                                   | Ekipman<br>çok pahalı.<br>Taşınamaz.                                                                                                    |
| Kimyasal /<br>Biyolojik | Renk<br>indikatörleri,<br>Co <sub>2</sub> emisyon<br>ölçümleri,<br>Jel elektroforez,<br>İmmunolojik ve<br>Genetik metotlar | Çürüklük;<br>özellikle<br><i>Serpula</i><br><i>lacrymans</i>               | Ahşap<br>strüktürler                                                              | Çürüklüğün<br>erken devrede<br>belirlenmesi,<br>çürüklük yapan<br>mantar türlerini<br>teşhis. | Zararlı,<br>Örnekler<br>hareket<br>ettirilmek<br>zorunda,<br><br>Laboratuvar<br>metotları                                               |

Yukarıdaki tabloda belirtilen yöntemlere göre mikroskop altında incelemeler yapmak veya kimyasal analizler yönüyle araştırmalar yapmak için ilgili ahşaptan artım burgusu

yardımla örnekler alınır ve iç kısımlardaki tahribat belirlenmeye çalışılır. Çelik iğneler vasıtasıyla (Örnek: pilodin densitomat) direnç değerleri test edilebilmektedir. Bu metotlar bozunumun genişliği hakkında bilgiler verir. Bunların dışında ultrason ve ses emisyon ölçümleri, pirometrik ve (ısı ölçen) ve termometrik (sıcaklık ölçen) yöntemler bir binanın statik durumuyla ilgiler önemli bilgiler verir. Bu teknikler genelde eski ahşap yapılarda kullanılmakta ve veriler kayıt altına alınabilmektedir. Tahribatın durumu tespit edildikten sonra uygun koruma maddeleri ve yöntemleri seçilir. Yapı kerestelerinde hasar görülürse ya yerinde emprenye ya da emprenye edilmiş kerestelerle eskilerin değişimi yoluna gidilir (Erdin 2009).

### **8.1. Teknik Terimler**

Ahşap yapıların korunması ve yeniden yapılandırılması ile ilgili çalışmalarda sıkça karşılaşılan bazı teknik terimlerin bilinmesi faydalı olacaktır.

#### **8.1.1. Restitüsyon:**

Var olmayan ya da belli bir kısmı ayakta olan yapıların belgelere ya da eldeki verilere dayanılarak özgün halinin yeniden çizilmesine “restitüsyon” denir. Bu amaçla yapılan proje, çizim, maket gibi bazı ön hazırlık çalışmalarını içerir (Sözen ve Tanyeli 2013).

#### **8.1.2. Rölöve**

Mevcut yapının veya objenin hazırdaki durumunun teknik resim kurallarına uygun olarak, plan, kesit ve görüşleri ile ayrıntılı olarak çizilmesidir (Sözen ve Tanyeli 2013).

#### **8.1.3. Rekonstrüksiyon:**

Bir yapının restitüsyon projesine göre yeniden inşa edilmesidir (Sözen ve Tanyeli 2013).

#### **8.1.4. Konservasyon:**

Mümkün olabilecek en az müdahaleyle tarihi-kültürel ahşap varlıkların ömrünü uzatmaya yönelik bütün faaliyetleri içeren koruma teknikleridir Mevcut yapının/kültür varlığının durumuna göre uygulanması gereken konservasyon işlemlerinin her aşamasında (inceleme, belgelendirme, depolama, koruma restorasyon, sergileme) ideal koşulların yerine getirilmesine imkan sağlar (Erdin 2009). Buradaki en önemli amaçlardan biri de yapıtı veya eseri bulunduğu yıpranma aşamasında dondurmaktır (Sözen ve Tanyeli 2013).

#### **8.1.5. Prezervasyon:**

Teknik olarak yapının varlığına hiç müdahale etmeden yapılan bakım işlemidir (Kuban 2000).

#### **8.1.6. Konsolidasyon**

Ahşap sanat eserlerinin sağlamlaştırılması işlemidir. Ahşap üzerinde problem yaratan

zararlılar tamamen ortadan kaldırıldıktan sonra mevcut eserin bütününde mi yoksa bir kısmında mı stabilizasyon yapılacağına karar verilir ve akabinde uygun sağlamlaştırma madde ve yöntemleri seçilir. Sağlamlaştırma maddeleri, objenin çalışmasına neden olmamalı, daha önceden tatbik edilmiş koruyucularla uyumlu olmalı, yanıcılığı arttırmamalı, toksik olmamalı, geri dönüşümlü olmalıdır. Ahşap sanat eserlerini korumak için kullanılan maddeler; ‘doğal ve geleneksel maddeler’ ve ‘yarı sentetik ve tam sentetik’ maddeler olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Doğal ve geleneksel olanlar; hayvansal proteinler (tutkal, kazein), vakslar (mumlu maddeler), kuruyan yağlar, balzamlar ve doğal reçineler içerirler. Bunlar zaman zaman uygulamada sorunlara yol açmakta ve beklenen iyileşmeyi sağlayamamaktadırlar (Erdin 2009).

Yarı ve tam sentetik sağlamlaştırma maddeleri Tablo 6’da belirtilmiştir.

Tablo 6. Yarı ve tam sentetik sağlamlaştırma maddelerinin sınıflandırılması (Erdin 2009).

| Sulu Çözeltiler                 | Dispersiyonlar                     | Organik solventli polimerler                                                                                                                                                                | Monomerler                             | Prepolimerler                                                                                                      |
|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Selüloz eter<br>Polivinil alkol | Polivinil asetat<br>Akrilik reçine | Selüloz ester<br><br>Nitro selüloz (Zapon verniği)<br><br>Ketonik reçine<br><br>Poliamid (Çözünen naylon)<br><br>Polivinil asetat<br>Polvinil butiral<br>Polivinil klorür<br>Akrilik reçine | Metilmetakrilat<br><br>Butilmetakrilat | Formaldehit reçinesi<br><br>Doymamış poliester reçinesi<br><br>Epoksi reçine<br><br>Poliüretan<br><br>Polisiloksan |

#### 8.1.7. Restorasyon

Fransızca kökenli bir kelime olan Restorasyon; Türk Dil Kurumu tarafından (2022) “yenileme” şeklinde tanımlanmıştır. Sanatsal değeri olan eserlerin, yapıların, birer kültür ve tarih belgesi olarak **bütün özgün nitelikleriyle** birlikte ömürlerinin uzatılmasını sağlayan teknik ve mimari müdahalelerin tümü “restorasyon” etkinliğini oluşturur. Restorasyon işlemi, kültürel statüsü onaylanmış yapıların estetik özelliklerini ve tarihi kimliklerini korumak için yapılmaktadır. Bu sırada yapının aynı işleve hizmet etmesi zaruri değildir. Zira aynı işlev bugünün koşullarında önemini kaybetmiş olabilir (Özköse 2014). Bir sarayın saray, bir kilisenin

kilise, bir medresenin medrese olarak kullanılması olanaksızdır (Kuban, 2000).

Restorasyon öncesinde yapının daha detaylı tanınmasına olanak sağlayan ve uygun koruma madde ve yöntemlerinin seçilmesine hizmet eden;

- tarihi ve arkeolojik araştırmalar,
- sanat tarihi araştırmaları,
- anıtın yasal statüsünün belirlenmesi
- yapının fiziksel etüdü (strüktür, malzeme, yapı tekniği, analitik rölöve, yapıda, zeminde bozulmalar)
- teknik araştırmalar,
- diğer bozulmaların saptanması
- üslup analizi ve estetik değerlendirme
- restorasyon projesinin hazırlanması

gibi bir dizi işlemlerin yapılması gerekmektedir (Özköse 2014).

İncelemeler çoğunlukla yapının rölövesiyle başlar. Restorasyonu gerçekleştirilecek yapıya dair herhangi bir restitüsyon önerisi bu çalışmaların üzerine kurgulanır. Esasında bu tür çalışmaların yapılması restorasyonu yapmaktan çok daha zordur. Anıtlarda bozulmaya neden olan etmenleri yanı sıra bu etmenlerin nedenlerini ve etkilerini bilmek/belirlemek yapılacak müdahalenin seyrine katkı sağlar. Koruma işlemi, problem içeren alanların onarılması, yeni kullanımların getirilmesi ve/veya altyapının iyileştirilmesini de içerecek bir kapsayıcılıkta olmalıdır (Oktay ve Önal Hoşkara, 2005; Özköse 2014).

Tarihi-kültürel eserlere uygulanan olumlu/olumsuz çalışmaların sonuçları, restoratörün benimsediği pratik bilgi, beceri ve teorilerinin doğruluğuna bağlıdır. Restoratör bir nevi “eski eser doktoru” dur. Kullanılan malzemenin kalitesine göre eserlerin uzun veya kısa bir süre sonra bulunduğu ortamın koşullarına bağlı olarak yok olması önlenemez. Fakat varlık sergileme süreleri restoratörün tercih ettiği malzemeye, tatbik ettiği uygulamaların doğruluğuna göre değişim gösterir (Akıllı, 1999).

Restorasyon sürecinde rol alanların genelde doğrudan “Restorasyon eğitimi” almadıkları, bir kısmının mimar/yüksek mimar, şehir plancısı, sanat tarihçisi, arkeolog oldukları ya da bilim uzmanı sanat tarihçisi, bilim uzmanı arkeolog oldukları, hatta bazılarının da konuyla ilgisi olmayan meslek gruplarına dahil oldukları görülmektedir. Daha alt kademelerde ise uygulamaların önemli bir kısmının konuyla ilgili hiçbir eğitim almayan

elemanlarca gerçekleştirildiği görülmektedir (Özköse, 1999). Karşılaşılan en önemli sorunlardan biri ara teknik eleman, kalifiye işçi ve ustanın yokluğudur (Gültekin, 2007). Başkalaşmamış yapıların korunmaya devam etmesi için her kademedeki uzman kadroların çalıştırılması gerekmektedir. Doğru uygulama yapanlara muafiyetler tanınmalı ve tanıtımları yapılmalıdır (Alptekin, 2005; Özköse 2014).

Ülkemizdeki taşınmaz kültür varlıklarının restorasyon işlemleri, çoğunlukla tecrübesiz, plansız bir çeşit sıradan inşaat işçiliği olarak algılanmaktadır. Oysaki işin doğasında var olan, onarımı günlerce devam edebilecek en ince ayrıntıların bile, uzmanlaşmış kişilerce, titizlikle yapılması gerekmektedir. Diğer yandan bütün bunların hepsi bir ekip işi olduğu için maliyet de artmaktadır (Gültekin 2007). Kuban’a (1969) göre; “sınırlı ekonomik imkânlar fakat köklü müdahalelerle, bir yapının tamamlayıcı restorasyonuna gidilmesi, daha iyi koşullarda, ortaya çıkarılabilecek bir tarihî belgenin, tamamen yok edilmesi haline dönüşebilmektedir.” Ayrıca bir anıtın korunmasında o anıtın sadece biçimi değil ruhu da korunmalıdır (Kuban 2000). Gereken özen gösterilmezse hatalı restorasyonlar nedeniyle ülkemizdeki taşınmaz kültür varlıklarının gelecek kuşaklara aktarılması giderek zorlaşacaktır (Gültekin, 2007; Özköse 2014).

Günümüzde eser restorasyonu, belirli yöntemleri, etik kuralları olan, bilim-teknoloji ve sanat tarihini de arkasına alarak sürekli gelişen bir disiplindir. Restorasyon kavramı konservasyon kavramından farklıdır. Restorasyonda esas olan eserin, orijinal haline sadık kalarak, orijinal kimliğinde daha uzun yıllar yaşamasını sağlamaktır. Restorasyonu basit bir onarımdan farklı kılacak olan bir diğer önemli unsur ise yapılan uygulamanın geri dönüşümlü malzeme kullanılarak gerçekleştirilmesi olması ve etik kuralların dikkate alınmasıdır (Aktimur 2013).

Gerek konservasyon gerekse de restorasyon işlemleri eserin orijinal bütünlüğüne hiçbir şekilde zarar vermemelidir. Kuban (2000); “Restorasyon”nun değişik koşullarda ve durumlarda yapılan strüktürel, teknik ve biçimsel müdahalelerin tümünü kapsadığını; “Konservasyon”un ise, daha çok sağlamlaştırma amacıyla yapılan müdahaleler olduğunu dile getirmektedir. Konservasyon işlemleri, kültür varlıklarının tarihi özellikleri, estetik görünüşleri, bozulmuşluk durumları ve sergilenecekleri ya da yer alacakları ortam koşulları göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Uygulanacak yöntemlerde seçici ve dikkatli olunmalıdır. Daha fazla bozulmaması için, doğrudan doğruya eserin kendisine yapılan konservasyon işlemine “uygulamalı konservasyon” denir. Dolaylı olarak yapılan konservasyon çalışmalarına ise “pasif konservasyon” denir. Burada, ideal ortam koşulları sağlanarak kültür varlıklarındaki yıkımın durdurulması ve bozulmalara engel olunması amaçlanır. Ayrıca kültür varlığının kullanımının, taşınmasının, depolanmasının ve sergilenmemesinin en doğru biçim ve koşullarda yapılması için

gerekli önlemlerin alınması da pasif konservasyonun etki alanına girer. (Aktimur 2013).

#### **8.1.7.1. Restorasyon Teknikleri**

Restorasyon teknikleri pek çok kaynakta; “sağlamlaştırma, bütünleme, yenileme, çağdaş ek, yeniden yapım, temizleme, taşıma, arkeolojik restorasyon” olarak belirtilmiştir (Ahunbay, 1996; Özköse 2014).

##### **8.1.7.1.1. Sağlamlaştırma**

Çok iyi korunmuş, geçen yıllara rağmen işlevini koruyabilen yapılar için restorasyon, sağlamlaştırma çalışmalarından ibarettir. Restorasyon sürecinde sadece sağlamlaştırma kararı ile yol alınır, rölöve ile restorasyon projesi arasında büyük bir fark kalmaz. Yapılacak iyi bir analitik rölöve, projeyi yönlendirir. Bozunmanın sebepleri net olarak ortaya koyulduğunda sağlamlaştırma işlemleri; malzemenin korunmasını, güçlendirilmesini, bozulma nedenlerini yok etmeyi amaçlar (Kuban, 2000). Çoğu zaman sağlamlaştırma; restorasyondan ziyade bilimsel bir müdahaleyi, minimum restorasyonu ifade eder. Amaç en az müdahale olduğu için yapı elverdiği müddetçe en doğru, en bilimsel yaklaşım sağlamlaştırmadır. Restoratörler, restore edilecek eseri/anıtı incelerler ve ardından hasarı belirleyerek depreme ya da düşey yüklere karşı yeterli olmayan öğelerin (temel, duvar, sütun, ayak, kemer) sağlamlaştırılması için öneriler sunarlar. Genel dokuyu bozan, değiştiren sağlamlaştırma müdahalelerinden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır (Ahunbay, 1996; Özköse 2014).

##### **8.1.7.1.2. Bütünleme**

Bir kısmı hasar almış ya da tamamen yok olmuş yapı ve öğeleri orijinal tasarımındaki bütünlüğüne kavuşturmak üzere geleneksel ve/veya çağdaş malzeme kullanılarak tamamlama işlemine “bütünleme-reintegrasyon” denilmektedir (Ahunbay, 1996). Venedik Tüzüğü (ICOMOS, 1964)’nın 12. ve 13. maddelerinde de ifade edildiği üzere; eksik kısımlar tamamlanırken, bütünle uyumu mümkün olduğunca bağdaştırılmalıdır. Diğer taraftan bu işlemin, estetik hali ve tarihi tanıklığı düzgün bir şekilde yansıtması bakımından orijinalden ayırt edilebilecek bir tarzda yapılması önerilmektedir. Eklemeler, geleneksel yapıyı bozmamalı, çevresel bütünlüğe zarar verememelidir.

##### **8.1.7.1.3. Yenileme (Yeniden İşlevlendirme)**

Tarihi binalarda, zaman içerisinde yapısal bozulmalar, çürümeler eskimeler meydana

gelebilmektedir. Bu tip yapıları yeniden işlevlendirme esnasında, oluşan tahribatı onarmak üzere ek strüktürel müdahalelerde bulunmak zarurietü ortaya çıkabilir. Bu durumda, en yaygın yaklaşım, yapıyı olabildiğince orijinal malzeme ve tekniklerle güçlendirmektir. Bu olanaklı değilse iki temel yaklaşımdan söz edilir:

Birinci yaklaşım; orijinallii korumak adına kullanılan yeni malzeme ve teknolojiyi göstermeden kullanmaktır (sağlamlaştırma için kullanılan çelik dikmelerin ahşap ile kaplanması gibi).

İkinci yaklaşım; yapısal müdahaleyi, fark edilmesi için ortaya çıkarmaktır (zorunlu halde yapılan asansörün bina dışından şeffaf olarak geçirilmesi gibi), (Kuban 2000; Özden 2017).

Değişen ihtiyaçlar ve istekler nedeniyle çoğu tarihi eser zaman içerisinde orijinal işlevini kaybetmekte, zamanın ruhuna ayak uydurabilmeleri için değişik formlara uyarlanmaktadır. Özel kullanımları dışında hamam, kervansaray, tekke, manastır gibi tarihi yapıların farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmaları zorunlu hale gelebilmektedir. Konut, otel gibi kullanımları günümüzde de devam eden yapılar ise zamanla eskiyerek standart dışı kalmakta, yenileme yapılmadığında da harap olmaktadır. Yenileme, yeniden işlevlendirme/yapılandırma çalışmaları eskiyen binaların yıkımını geciktirmekte ve/veya önlemektedir (Ahunbay, 1996).

#### **8.1.7.1.4. Tarihi ve Çağdaş Ekler**

Eskiyen tarihi bir yapıya yeni öğeler, yeni yapı elemanlarının eklenmesi, genellikle bir tartışma konusudur. Viktorya dönemi İngiltere'sinin en önemli sanat eleştirmenlerinden biri John Ruskin, tarihi yapılara yeni bir ek yapının getirilmeden olduğu gibi kaderine terk edilmesini önermiştir (Kuban, 2000). Kaçar ve Semerci'ye göre (2022) ise; "tarihi yapılara getirilen yeni ekler, geçmiş ve gelecek arasında bir ara yüz oluşturarak tarihsel sürekliliğin devam ettiğini göstermektedir." Sotoudeh ve Abdullah (2013), "kentsel ve tarihsel bağlamda yeni eklemeler için, tasarım kalitesine ulaşmanın basit kuralları yoktur; ancak yeni tasarımın tüm parçalarının bütünle ve bunların çevresiyle ilişkisi esastır" beyanında bulunmuştur. Sanatsal ve tarihi değeri yüksek olan yapıların genellikle kentsel bölgede olmasından dolayı müdahaleyi tek yapı boyutuna indirgememeli, alınacak kararlar kentsel boyutta düşünülerek alınmalıdır. Yapılacaklarla ilgili olarak iki temel ilke gözetilir (Kuban 2000):

- 1) Ekler tamamen kaldırılır: Özgün dönem esas alınır
- 2) Ekler kendi başlarına anlamlı olarak korunurlar, üslup bütünlüğü aranmaz, çağdaş

restorasyon bu tutumu yeğler.

Çağdaş restorasyon ilkeleri, tarihi eklerin kaldırılmasını kabul etmez. Fakat pratikte restoratörler bu konuda daha cesurdurlar. Çünkü birçok eski müdahalenin tümüyle fonksiyonellikten, estetik yaklaşımdan yoksun bir şekilde yapıldığı görülmektedir. Sonradan yapılan ekler kaldırıldığında özgün yapının bütünlüğü estetik bir biçimde sağlanabiliyorsa, eklerin kaldırılması doğru olmalıdır. Diğer yandan orijinal yapıyı bozmadan yapılan bir dış ek, nispeten çözülmesi kolay bir problemdir. Tarihi sürece tanıklık etmesi itibarıyla saklanması istenir. Ancak tarihi ve estetik ölçütlere simgesel ölçütler de girince karar ve çözüm giderek zorlaşır (Kuban, 2000).

#### **8.1.7.1.5. Yeniden Yapım (Rekonstrüksiyon)**

Ülke ve şehirler için simge değeri olan önemli yapıların, anıtların; sel, deprem, savaş vb. felaketler sırasında kaybedilmesi rekonstrüksiyonlarını zaruri kılar. Tamamen yok olmuş ya da harabeye dönmüş olan bir anıtın ya da sitin eldeki verilere dayanılarak yeniden yapılandırılması yalnızca özel durumlarda kabul edilen bir uygulamadır. Çünkü yeniden inşa edilecek olan yapı, orijinal yapının tarihi tekstürüne, özgün malzeme ve işçiliğine sahip değildir. Bir replika, tarihi yapının kütle ve mekânlarını sadece şekilsel olarak canlandırabilir, orijinalin yerini tutamaz; özetle tarihi değer taşımaz. Bir yapının, bir anıtın aynısını (replica) yapmak, tarihi açıdan bir anlam taşımasa da, o döneme özgü yapım tekniğini sürdürme, geleneği yaşatma açısından önemlidir. Var olan bir yapının başka bir yerde aynısını yapmak türünden uygulamalar ise, ancak özel durumlarda gerçekleşmektedir (Ahunbay, 1996). Türkiye’de Kültür Bakanlığı, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulunca, “Taşınmaz Kültür Varlıklarının Gruplandırılması, Bakım ve Onarımları” mevzuatında “660 nolu ilke kararı” ile yeniden yapma (rekonstrüksiyon) sınırlıkları belirlenmiştir. Bu karara göre; Korunması gerekli taşınmaz kültür varlığı olarak tescil edilmesine ilişkin gerekli özellikleri taşımasına rağmen elde olmayan sebeplerle tescili yapılmamış ve / veya herhangi bir nedenle yitirilmiş olan yapının, gerek kültür varlığı niteliği, gerekse kültürel çevreye olan tarihsel katkıları açısından, eldeki mevcut belgelerden (yapı kalıntısı, rölöve, fotoğraf, her türlü özgün yazılı- sözlü, görsel arşiv belgesi vb.) yararlanmak suretiyle kendi parsellerinde daha önce bulunduğu yapı oturum alanında, eski cephe özelliğinde, aynı kitle ve gabaride, özgün plan şeması, malzeme ve yapım tekniği kullanılarak, kapsamlı restitüsyon etüdüne dayalı rekonstrüksiyon uygulamasının koşulsuz sağlanmasına, ancak uygulama gerçekleşinceye kadar parsellerde her türlü inşai ve fiziki müdahalenin yasaklanmasına, (otopark, fuar, sergileme vb.)

yeni işlev ile kullanma ve aynı parselde tescilli yapı yerinde veya diğer boş alanlarda başka bir yeni yapılaşmaya izin verilmeyeceğine, tüm bu uygulamalar için koruma kurulu kararının alınması gerektiğine karar verilmiştir”, denilmektedir.

#### **8.1.7.1.6. Temizleme**

Temizleme; yapıların, anıtların genel görünümünü bozan, onlara herhangi bir estetik değer katmayan eklerden arındırılması işlemidir. Çoğu zaman metruk yapıların başına gelen, geçici yapılmış uydurma tavan, bölme, pencere dolgusu gibi sanatsal değeri olmayan her nevi kısa ömürlü eklentilerin, derme-çatma inşaat kalıntılarının temizlenmesidir (Kuban, 2000; Özköse 2014). Yaşlı bir binaya değişik zamanlarda, çeşitli sanat akımlarının temsilcileri tarafından ilave edilen ek ve bezemelerin üslup birliğine ulaşma endişesiyle ortadan kaldırılması ise ‘temizleme’ değildir.

Kaldırılması gereken eklerle ilgili karar mercii, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurullarıdır. Duvar, döşeme, çıkma gibi kaldırılması gerekli görülen ekler farklı bir gösterimle (renk veya tarama) plan, kesit ve görünüş rölöve paftalarına işlenir ve o haliyle ‘öneri proje’ olarak ilgili kurula sunulur. Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu tarafından onay alındığı takdirde de ekler kaldırılabilir. Hem temizleme işleminden önce hem de temizleme işlemi sırasında fotoğraflar çekilip arşivlenmelidir (Ahunbay, 1996).

#### **8.2. Ahşap Malzeme Restorasyonunda Yüzey Temizliği**

Restorasyon; tarihi, kültürel ahşap yapıların, çeşitli donatı elemanları ve mobilyaların orijinal görünümüne yeniden kavuşturulması ve ahşap malzemenin gelecek nesillere korunarak aktarılmasında önemli katkılar sağlayan işlemler bütünüdür. Olumsuz hava koşulları, çeşitli kimyasal ve fiziksel etkiler tarihi ahşap yapıların/objelerin görünümünü ve zaman zaman da koruyucu katmanını bozabilmektedir. Estetik görünüme ve işlevselliğe olumsuz tesir eden bu tip yüzeylerin aslına sadık kalınarak restore edilmesi, bu amaçla en uygun ahşap temizleme yöntemlerinin belirlenip itina ile uygulanması gerekmektedir (Kesik ve ark 2016).

Restorasyon çalışmaları esnasında, ahşap malzeme üzerinde biriken toz, kir, yağ ve istenmeyen boya/vernik tabakalarının temizlenmesi dikkat gerektiren aşamalardandır. Bu tip uygulamalar sayesinde ahşap malzeme, farklı kimyasallar uygulanarak kirli yüzeylerden arındırılır. Yüzey temizleme işleminde kullanılan kimyasalların, kokusuz, yanmaz, suda çözünen, zararlı gaz çıkışı yapmayan özellikte olması gereklidir.

## Ahşap Yüzey Temizleme Yöntemleri

Ahşabın yüzeyinde zaman içinde oluşan birtakım nahoş oluşumların, kirliliklerin temizlenmesi gerekmektedir. Bunu için eski boya tabakasını yüzeyden uzaklaştırmak zaruridir. Boya uzaklaştırılırken ahşaba ve insan sağlığına zarar vermeyen, yöntemler seçilmelidir. Restorasyon sırasında, yüzeylerde beliren kirli dokuyu/boyayı temizlemek üzere çeşitli metotlar kullanılmaktadır (Kesik ve ark 2016).

### 8.2.1. Geleneksel uygulamalar ile yüzey temizleme yöntemleri

Bu yöntemde, birtakım kimyasal boya sökücülerden, boya kazıyan aletlerden, zımparalardan, sıcak hava tabancalarından (Resim 1) vb. yararlanılmaktadır. Solvent ve su bazlı boya sökücüler, yüzeyde biriken kirli dokuyu/boyayı tahrip etmekte ve yapışma gücünü azaltıp ayrışmasını sağlamaktadır. Bu tip sökücüler, kimyevi esaslı oldukları için işlem sırasında üretici firmanın talimatlarına uyulmalı ve ortaya çıkan kirli atıklar usulüne uygun şekilde bertaraf edilmelidir.



Resim 1. Sıcak hava tabancası ile boya tabakasını uzaklaştırma işlemi (URL-1 2023)

Bisturiler, tel fırçalar ve ahşabın formuna uygun düşen bazı özel kazıma gereçleri yüzey temizliğine katkı sağlayan diğer materyallerdendir. Temizleme tamamlandıktan sonra yüzeyler uygun alkoller ile silinip, paketlenir.

Su ya da solvent bazlı boya tabakalarının uzaklaştırılmasında, solventler, asitler, bazlar, klorlanmış solventler, sikloheksanon, petrol türevleri, kromatlar, ketonlar, etanol, metanol, propanol ve izomerleri, fenol, butanol izomerleri gibi ürünler kullanılmaktadır Solvent bazlı sökücülerden yayılan zehirli gazların insan sağlığına ve çevreye zarar verebileceği unutulmamalıdır (Kesik ve ark 2016). Bu tarz solventlerin işleyiş mekanizması, yüzey işleminin çözünmesi, yıkanması ve silinmesi şeklindedir (White ve Bardole 2005). Derişik asitler, polisakkaritlerin hidrolizine yol açabildiği için malzemeye zarar verme ihtimalleri göz

önünde bulundurulmalıdır (Alemdaroğlu 1998). Yağlı boyaları sökmede kullanılan tuz asidi (HCl) yüzeyde artık bıraktığından dolayı bol suyla yıkanmalıdır (Anonim 2011). Asit esaslı boya sökücüler seyreltik çözeltilerle; organik esaslı olanlar ise genelde yanıcı oldukları için açık alanlarda ya da çok iyi havalandırılan ortamlarda uygulanmalıdır. Sodyum karbonat, sodyum hidroksi, potasyum hidroksit veya sodyum tripoli fosfat, bazik ya da inorganik boya sökücülere örnek gösterilebilir. İşlem esnasında ortaya çıkan atıklar ağır metaller içerdiği için tehlikeli atık sınıfına girmekte olup uygulayıcıların muhakkak koruyucu giysiler giyinmesi gerekmektedir (White ve Bardole 2005; Kesik ve ark 2016).

### 8.2.2. Basınçlı uygulamalar ile yüzey temizleme yöntemleri

Temizlenecek yüzeyin sertliğine göre sulu ya da susuz uygulanan basınçlı hava ile yüzey temizleme sistemidir. Kullanılacak materyaller ve hava basıncı, ahşap yüzeyin sertliğine ve temizlenecek maddenin tipine göre ayarlanır. Aksi hâlde ahşap zarar görebilir (Kesik ve ark 2016).

### 8.2.3. Kum ile yüzey temizleme

Çok fazla ince işçilik gerektirmeyen geniş yüzeylerin temizlenmesinde tercih edilmektedir. Basınçlı hava yardımı ile kumun yüzeye çarptırılması yoluyla yapılan yüzey temizleme sistemidir. Düşük basınçla yüzeylerdeki boya kir tabakaları ve korozyon orijinal dokuya zarar vermeksizin uzaklaştırılabilir. Tekerlekli bir makine olduğu için kolay taşınır (Resim 2, Resim 3 Anonim 2011). Ayrıca iç ve dış mekânlarda kullanılabilir. Manuel yükü azaltır, işlem süresini kısaltır. Fakat kullanılan kumun, silokozis (akciğer zarı kanseri) riskini artırması ve ahşapta tahribata neden olması gibi sakıncaları vardır (Anonim 2023a; Anonim 2023b).



Resim 2. Kumlama makinesi ve aparatları



Resim 3. Kumlama makinesiyle yüzeydeki boyanın temizlenmesi

#### 8.2.4. Plastik ve Bitki esaslı medyalar ile yüzey temizleme

Basıncılı hava püskürtülerek plastik (polyamid, polykarbonat, melamin, akrilik) veya bitki esaslı (meyve kabukları, buğday nişastası, mısır koçanı) medya parçacıklarının temizlenecek malzeme yüzeyine yüksek hızda transferi ile gerçekleştirilir (Resim 4-6). Bitkisel esaslı medyaların çoğu meyve kabuklarından elde edilmektedir. Düşük sertliğe ve düşük yoğunluğa sahip oldukları için birçok endüstriyel malzeme yüzeyinde tercih edilmektedir. Doğru tasarlanmış ekipmanla ahşap gemi ve ahşap teknelerdeki yağ birikintilerini temizlemede, ahşap malzeme yüzeylerinde biriken eski boya tabakalarını ve kirlilikleri uzaklaştırmada başarıyla kullanılmaktadır (Kılınç ve ark. 2022; Schmitz 1997; Anonim 2023a, Kesik ve ark 2016).



Resim 4. Yüzey temizleme işlemi için öğütülmüş fındıkkağıdı granülü. (Kılınç ve ark. 2022).



Resim 5. Yüzey temizleme işlemi için öğütülmüş mısır koçanı granülü (Kılınç ve ark. 2022).



Resim 6. Mısır koçanı granülü ile işlem görmüş ağaç malzeme (URL-2 2023)

### 8.2.5. Su ile yüzey temizleme

Yüksek basınçlı su tertibatıyla yapılan temizlemede ahşap pencere ve ahşap tabelalardan boya tabakalarının uzaklaştırılabildiği görülmüştür. Dolayısıyla ahşap malzemenin restorasyonu esnasında yüksek basınçlı su jeti, alternatif bir metot olarak değerlendirilebilmektedir (Howells 1999). Resim 7’de (URL 3 2023; URL 4 2023) basınçlı su ile yüzeyi temizlenen ahşap malzemeler görülmektedir.



Resim 7. basınçlı su ile yüzeyi temizlenen ahşap malzemeler (URL 3 2023; URL 4 2023)

Basınçlı havanın yardımı ile su yerine bazen çeşitli medya karışımları da yüzeye püskürtülebilmektedir. Hazneye konulan su veya medya karışımı vakumla kumlama tabancasına aktarılır ve oradan basınçlı hava ile birleşerek yüksek güçte akış oluşturur. Bu akış, nozül adı verilen başlığa iletilir. Kuru medya püskürtmeye oranla daha az toz oluşur. Daha ziyade açık alanlarda, havalandırmanın yetersiz olduğu yerlerde, zehirli maddeler içeren koruyucu tabakaları temizlemede başvurulan bir yoldur (Kılınç ve ark 2022).

### 8.2.6. Kuru buz ile yüzey temizleme

Bu yöntemde havada %0.03 oranında bulunan karbondioksit ( $CO_2$ ) gazından faydalanılır. Uygulama sonrasında süblimleşmelerinden dolayı kuru buz pelletleri geri dönüştürülemez niteliktedir (Resim 8). Bu gaz atmosferde normal koşullarda  $-78.5\text{ }^{\circ}C$ ’lik bir sıcaklığa sahiptir. Belirli bir sıcaklığa ulaştığında gaz formundan katı forma geçer. İşte gazın bu katı şekli “Kuru Buz” olarak adlandırılmakta ve belirli bir basınç altında preslenerek elde edilmektedir. Püskürtme işlemi esnasında kuru buz pelletleri, basınçlı hava etkisi ile 100 ila 300 m/s’lik bir hıza ulaşarak yüzeye çarparlar. Bu sırada kinetik enerjilerini yüzeyde serbest bırakarak termal bir temizleme gerçekleştirirler (Resim 9). Temizlenmesi gereken yüzeye uygulandıklarında temas ettikleri

yüzeyin alt ve üst katmanlarında bir sıcaklık farkı oluştururlar. Bu hal, boya tabakasında iç gerilmelere neden olur ve yüzey ile olan adezyon kuvvetinin bozulmasına yol açar. Böylelikle de boya tabakasının yüzeyden kopması sağlanır. Yağ, gres yağı ve benzeri kirlilikler de benzer şekilde uzaklaştırılır. Kuru yüzeylerde uygulanabilir. Resim 10'da kuru buz ile yüzeyi temizlenecek ve temizlenen ahşap tavan görülmektedir. (Kılınç ve ark 2022; Kesik ve ark 2016).



Resim 8. Kuru buz pelletleri

Resim 9. Yüzey temizleme işlemi

Resim 10. Kuru buz ile yüzeyi temizlenecek ve temizlenen ahşap tavan (Kesik ve ark. 2016)

#### **8.2.7. Sodyum bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) ile yüzey temizleme;**

Bu yöntem sayesinde hassas yüzeylere zarar vermeden restorasyon ve temizlik işlemleri gerçekleştirilebilir. Diğerlerine oranla daha emniyetli bir sistemdir. Havalandırma tertibatına gerek almaksızın, ön yıkama ve hazırlık yapmaksızın kirlenen yüzeyler temizlenir. Atığın bertarafı basittir. Hem yaş hem de kuru olarak çalıştırılabilir. Boya katmanları, kat kat veya tek aşamada sökülebilir. Zararlı gaz çıkışı olmayan, yanıcı özelliği bulunmayan, suda çözünebilir ve kokusuz olan, açık veya kapalı ortamlarda kullanılabilen sodyum bikarbonat; hava basıncı (0,1-6 bar) ile kirlenen yüzeylere püskürtülerek temizleme sağlar. Yangın isini uzaklaştırdığı gibi kötü kokuyu da giderir. Yangın sebebiyle islenmiş bir bankın sodyum bikarbonat ile yüzey temizliği (Resim 11) yapılmaktadır (Kesik ve ark 2016).



Resim 11. Sodyum bikarbonat ile yüzey temizliği (Kesik ve ark 2016).

Yüzey temizlemede kullanılan doğal sodyum bikarbonat medyalar; kristal yapıda, farklı büyüklükte, beyaz toz şeklinde çeşitli formüllerde geliştirilmiştir. Bu yöntemle tamamen ya da lokal temizlik yapılabilir. Hatta boya tabakasına zarar vermeden boyanın üzerindeki yağın da uzaklaştırılabileceği bildirilmiştir. Ayrıca, maskeleme veya cam/firil sökme gerektirmediği gibi ortaya çıkan atıklar için kimyasal arıtma işlemine de gerek yoktur (Kesik ve ark 2016).

#### **8.2.8. Flaş lamba ile yüzey temizleme**

Bu yöntem, darbeli flaş ışık enerjisi ve kuru buz pellet püskürtülmesi şeklinde kombine olarak geliştirilmiştir. Ksenon flaş lambası, boya tabakasını uzaklaştırmak için gereken enerjiyi boyanın üzerine yayarak yüzeyde oluşturulan ısı ile boya katmanını ayrıştırmaya çalışır. Ayrışan boya katmanını temizlemek için ise kuru buz pelletleri kullanılır (Schmitz 1990). Prosedür, yüksek hacim ve hızlı vakum akışının korunduğu bir örtü içerisinde gerçekleşir. Bu akış ile kömürleşen boya kalıntıları filtreler yardımıyla temizlenir. Söz konusu yöntem sayesinde yüzey kaplamaları hassas ve seçici bir şekilde astar kata kadar temizlenebilir. Ahşap malzeme yüzeyine aralıklı olarak saniyede 4-6 kez flaş ışık uygulanarak gerçekleştirilen bu metotta, alt katmanın zarar görmemesi için, ağaç malzeme yüzey ısısının 200 °F altında tutulması gerekmektedir (Kılınç 2022; Kesik ve ark 2016)

#### **8.2.9. Lazer ile yüzey temizleme**

Lazer emisyon parametreleri, son zamanlarda hassas ve etkili temizlik amacıyla optimize edilmiştir. Söz konusu teknik bronz, ahşap, seramik, kumaş, duvar resimleri gibi metaların ve çeşitli kültür varlıklarının korunmasında önemli bir yer tutmaktadır. (Siano ve Salimbeni 2001; Kılınç ve ark. 2022).

Diğer yöntemlere göre daha verimli olup temizlenecek yüzeylerin alt katmalarına zarar

vermez (Scholten ve ark. 2000). Lazer, saniyede yaklaşık 1000 darbe ile yüzeylerde etkin ve hızlı bir temizleme yapar. Boya temizliğinde kalınlık ayarı yapılabilmekte ve vakum etkisiyle atıklar temizlenebilmektedir. İşlem bitiminde yüzeyde soğutma yapmaya gerek kalmaz (Kesik ve ark. 2016). Boyalar dielektrik malzemelerdir ve metaller gibi serbest elektronları yoktur. Dolayısıyla tüm dalga boylarındaki lazer radyasyonunu absorbe edemezler. Daha ziyade orta kızılötesi uyarımları absorbe ederler (Schmidt ve ark. 2003). Absorplanan kızılötesi lazer enerjisi, boya tabakasının sıcaklığını artırır. Sıcaklık belirli bir eşiğe yükseldiğinde adezyon ve kohezyon bağları kırılarak erime, süblimleşme, buharlaşma, yanma ve ayrışma gerçekleşir ve böylece etkin bir temizleme gerçekleştirilir (Bäuerle 2011). Cihazların pahalı olması, bakım ve yazılım maliyetlerinin yüksekliği, uygulamanın teknik bilgi, beceri gerektirmesi ve işlem esnasında kaplama yüzeyinde oluşan ısıdan dolayı ortama çözücü buhar salınması gibi bazı olumsuz tarafları vardır (Kılınç ve ark. 2022).

## KAYNAKLAR

Ahunbay, Z. (1996). Tarihi çevre koruma ve restorasyon. Yem Yayıncılık, 8-105.

Akıllı, H. (1999). Restorasyon eğitiminde sanat ve kültür eğitimi veren disiplinlerin etkileri., A. Özköse (Editör). Restorasyon eğitimi sempozyumu. Zonguldak Üniversitesi Safranbolu Meslek Yüksekokulu, 40-60.

Aktimur, Ö. 2013. Sanat Eserlerinin Restorasyonunda Geleneksel ve Çağdaş Tekniklerin Kullanımı. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Seramik Tasarımı Programı. Sanatta Yeterlilik Tezi, İstanbul.

Alemdaroğlu, T., 1998. Ağaç Kimyası, ISBN : 2880000077794, Gazi kitap evi, s.109, Ankara

Alptekin, Ü. (2005). Korumada varılan son nokta - başkalaşma., P.İ. Aşkun (Editör). Korumada 50 yıl sempozyumu. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, 56.

Anonim, 2011. İnşaat Teknolojisi, Ahşap Eskitme, <http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/insaat/moduller/AhsapEskitme.pdf>. 2023.

Anonim, 2023a. Tarihi eser yüzey temizliği ve onarımı, <http://www.leton.com.tr/tarihi-eser-yuzey-temizligi-ve-onarimi/>, 2023.

Anonim, 2023b. Ahşap yüzey temizliği, onarımı ve korunması <http://www.leton.com.tr/ahsap-yuzey-temizligi-onarimi-ve-korunmasi/>, 2023.

Bäuerle, D. 2011. “Laser processing and chemistry,” Laser Process. Chem., pp. 13–38.

Erdin, N. 2009. Ahşap Konservasyonu. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4840. Orman Fakültesi Yayın No: 492. ISBN: 978-975-404-842-1. İstanbul.

Erdin, N. 2012. Ulusal Ahşap Birliği’nin Koruma-Onarım Kavramına Yaklaşımı ve “Tarihe Sağlam Bir Çatı” Projesi. Ahşap Yapılarda Koruma ve Onarım Sempozyumu. 25-34.

Gültekin, E.R. (2007). Ülkemizde taşınmaz kültür varlıklarının restorasyonuna ilişkin sorunlar., Tarihi eserlerin güçlendirilmesi ve geleceğe güvenle devredilmesi sempozyumu-1. Ankara: Türk mühendis ve mimar odaları birliği inşaat mühendisleri odası (TMMOB), 161-168.  
Hasol, D., 1998, Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM Yayınları, İstanbul.

Howells, G. “SUPER-WATER [R] jetting applications from 1974 to 1999”, Proceedings of the 10th American Waterjet Conference in Houston, Texas, 1999.

ICOMOS (1964). International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites. Venice, Italy.

M. J. J. Schmidt, L. Li, and J. T. Spencer, “An investigation into the feasibility and characteristics of using a 2.5 kW high power diode laser for paint stripping,” J. Mater. Process. Technol., vol. 138, no. 1–3, pp. 109–115, 2003.

Sözen, M. Tanyeli, U., Sanat Kavram ve Terimleri Sözlüğü. İstanbul 2013.

Unger, A., Schniewind, A.P., Unger, W. 2001. Conservation of wood Artifacts. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg New York.

Kaçar, A., Semerci, F. 2022. Tarihi Yapılara Eklemlenen Yeni Ek Yapının Uyumluluğu: Elbphilharmonie Kültür Merkezi. The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication - TOJDAC ISSN: 2146-5193, April 2022 Volume 12 Issue 2, p.240-257.

Kesik, H.İ., Akyıldız, M.H., Çağatay, K., Karamanoğlu, M., Bıçak, S., Olgun, Ç., Tiftik, A. 2016. Ahşap malzeme restorasyonunda yüzey temizleme yöntemleri,” Selçuk Üniversitesi Selçuk-Teknik Dergisi, Özel Sayı 2, Selcuk Univ. J. Eng. Sci., ss. 1100–1113.

Kılınç, İ., Budakçı, M., Korkmaz, M., 2022. Ahşap Yüzeylerde Boya/Vernikleri Temizlemek İçin Kullanılan Çevreci Yöntem ve Medyalar. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10 (2022) 2079- 2092.

Kuban, D. 1969. Modern Restorasyon İlkeleri Üzerine Yorumlar. Vakıflar Dergisi, 8: 341-356.

Kuban, D. (2000). Tarihi Çevre Korumanın Mimarlık Boyutu: Kuram ve Uygulama. (1. Basım). İstanbul: YEM Yayın.

Kuban, D. (2000). Tarihi çevre korumanın mimarlık boyutu - kuram ve uygulama. Yem Yayın, 9-201.

Oktay, B., Önal Hoşkara Ş. (2005). Tarihî kentsel alanların korunmasında "sürdürülebilir canlandırma" yaklaşımı., P.İ. Aşkun (Editör). Korumada 50 yıl sempozyumu. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, 269-274.

Özden, E.Ö., 2017. Koruma sorunlarını farklı işlevlerde tek yapı ve doku ölçeğindeki uygulama örnekleri üzerinden tartışmak. Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu / 2-3-4 Kasım 2017

Özköse, A. (1999). Restorasyon eğitimi sempozyumu. Zonguldak Üniversitesi Safranbolu Meslek Yüksekokulu.

Özköse, D.S. 2014. Ahşap Yapı Restorasyonunda Uygulama Sorunları ve Çözüm Önerileri. Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Haziran, Ankara.

Scholten, J.H., Teule, J. M., Zafirooulos, V., Heeren, R.M.A. 2000. "Controlled laser cleaning of painted artworks using accurate beam manipulation and on-line LIBS-detection," J. Cult. Herit., vol. 1, No. 2.

S. Siano and R. Salimbeni, "The gate of paradise: physical optimization of the laser cleaning approach," Stud. Conserv., vol. 46, no. 4, pp. 269–281, 2001.

Sotoudeh, H. & Abdullah, W. M. Z. W. 2013. Evaluation of fitness of design in urban historical context: From the perspectives of residents. Frontiers of Architectural Research, 2(1), 85–93.

W. N. Schmitz 1990. "CO2 pellets blasting for paint stripping/coatings removal," 1st Ann. Int. Workshop on Solvent Substitution, pp. 11–13.

URL-1 2023. <https://www.7kat.com.tr/blackdecker-kx2001k-sicak-hava-tabancasi-2000w-heat-gun--kit-box-13523>.

URL- 2 2023. <https://doyleloghomeservices.com/corn-cob-blasting/#>

URL-3 2023. [URL-4 2023. <https://www.hydrotek.us/a-simple-guide-to-using-a-hot-water-pressure-washer-to-clean-a-deck/>](https://nick>windowcleaning.ca/power-washing-markham/</a></p></div><div data-bbox=)

White, D. L., Bardole, J. A., 2005. Paint and Finish Removers, In Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology Vol 17. ISBN: 978-0-471-48496-7, s. 550-555

