

## DIAGNOSIS METHODS OF TIMBER PROBLEMS

### SUMMARY

With the passage of time and the influence of the environment, all materials exhibit a loss in performance. Undesirable changes occur to the material which, at best, are restricted to its surface layers, but which usually permeate the whole of the material and have a most pronounced effect on its mechanical performance, especially in terms of strength and toughness. The rate of the degradation is usually specific to a particular material and to specific environmental conditions. Test methods of wood may be classified as destructive or nondestructive. Both destructive and nondestructive methods are used for wood in scientific research and industrial quality control.

For cultural property, the determination of individual wood properties is of much less importance than the determination of the condition both before and after conservation and restoration treatments. In the case of monuments and museum objects, the primary objective is the diagnosis of biological deterioration by fungi, bacteria or insects. In archaeology, not only biological deterioration, for example by fungi, bacteria, but also abiotic deterioration, for example by hydrolytic, or cultural property, a common goal is to use methods which are as close as possible to being nondestructive in order to prevent further damage.

The condition analysis of woods and lumber can be made by mechanical, electrical, optical, acoustic, thermographic, radiographic, nuclear magnetic, chemical, and biological methods or possibly a combination of several of these methods. Methods for the condition diagnosis of wood have been investigated in this paper.

# Ahşap Malzeme Sorunlarının Teşhis Yöntemleri

 NAZİRE PAPATYA SEÇKİN\*

## 1. Ahşap Malzeme Sorunları

Ahşap malzemelerde ahşabın tür ve sınıfından, nem miktarı, mantar bulaşması, böcek yuvalanması, kimyasal zararlar ve uygun olmayan koruma önlemlerinden kaynaklanan bir dizi bozulmalar olabilir. Bunlar, biyolojik, kimyasal, fotokimyasal, termal, yangın ve mekanik bozulmalar olarak tasnif edilebilir (Desch ve Dinwoodie, 1996)

Ahşap malzemenin dayanıklılığı, eski ve yeni binalarda aynı derecede önemlidir; çünkü her iki durumda da dayanıklılık, yapısal güvenlik bakımından gereklidir. Bu güvenliğin sağlanması, herşeyden önce binalarda kullanılan ahşabın

tür ve standart itibarıyla dayanıklı ve kaliteli malzemelerden seçilmiş olmasına bağlıdır. Bu şart, işin kilit noktasıdır.

### 1.1. Mantar Bulaşması

Ahşabın özellikleri, nem miktarı ile derinden etkilenir. Taze kesilmiş ahşap malzemede nem miktarı çok yüksektir; normal olarak %60 ile %200 arasında değişir. Ahşap malzeme kurudukça nem miktarı düşer, lif doygunluğu noktasında bu miktar %25-30 seviyesindedir (Unger, vd., 2001); daha ileri kuruma aşamalarında ise ahşap malzemenin fiziksel özelliklerinde çekme, çatlama, vb. değişiklikler meydana gelir. Ahşap malzeme higroskopik bir yapıya sahip olduğundan, atmosferik nem miktarındaki değişikliklerden etkilenir. Bu değişiklikler,

ahşap malzemede şişme (genişleme) ve çekmelere (büzülme) neden olur. Bu şişme ve çekmeler, ahşabın çalışması olarak adlandırılır. Bu çalışma, boyuna %0.1, radyal yönde %3-5 ve teğetsel yönde %5-15 civarındadır (Richardson, 2001).

Hava kurusu ahşap malzemenin nem miktarı, normal olarak %17-23 düzeyindedir; ancak daha düşük nem miktarı istendiğinde, fırın kurusu gerekir (Richardson, 2001). Fırın kurusu ahşapta nem miktarı %0'dır (Unger, vd., 2001). Düşük nem miktarı, mantar zararlarının önlenmesi bakımından önemlidir; çünkü nem miktarının %23 ve daha yüksek olduğu koşullar, mantar gelişimine uygun ortamlardır. Bu nedenle, binalarda kullanılan ahşapta nem miktarının %17'den daha düşük olması önemlidir; çünkü bu

\*Orman Mühendisi-Peyzaj Mimarı NAZİRE PAPATYA SEÇKİN, İBB KUDEB Ahşap Restorasyon ve Konservasyon Lab. (Ahşap Konservasyonu)



Resim 1. Beyaz çürüklük, normalde yumuşak odundan ziyade sert odunda daha fazla görülür. "White rots are more common in hardwoods than in softwoods" (Ridout, 2004)

nem miktarlarında ahşapta mantar tahribatı olmaz.

Nem miktarı %22'yi aştığında, mantar faaliyeti ile birlikte ahşap çürümeye hazırdır; %35-50 arasındaki nem miktarı, mantar gelişimine en uygun ortamları oluşturur (Günay, 2001).

Mantar bulaşması, havada uçuşan çok çeşitli ve sayısız mantar sporlarının çimlenmesiyle olur. Bu sporlar, havada olduğu gibi suda da yayılır; hastalıklı ahşapla başkalarına taşınır. Çimlenme için gerekli olan, *organik madde ve nemdir*. Organik madde, ahşabın bizzat kendisidir. O halde, ahşapta mantar oluşumu ve gelişimi için gerekli olan sadece *nemdir*. Nemli ahşap, mantar bulaşmasını çok değişik yollardan artırır. Bu bulaşmanın çoğu yüzeyseldir; ahşabın dayanıklılığını ve yapısını etkilemez. Bunlar, fırça ya da rende ile kolaylıkla temizlenen, yeşil ya da siyah, bazen de sarı renkli toz halindeki *küflerdir*. Taze yeşil odunda, mavi leke olarak bilinen *leke mantarı* gelişimi görülür. Bu mantar, çoğunlukla yapısal dayanıklılığı etkilemez; ancak, hücre bünyesine nüfuz ederek, mantar lekelemesi ve gözle görülmeyen bakteri gelişmesi yüzünden ahşabı daha gözenekli yapabilir; bu durum, suyun daha kolaylıkla ahşaba nüfuzuna ve bazı koşullarda başka mantar bulaşmalarına yol açabilir.

Eğer ahşap sürekli olarak çok nemli (ıslak) kalırsa, muhtemelen *yumuşak çürüklük* mantarları ahşabın yüzeyinin yumuşamasına ve yumuşaklığın giderek derinleşmesine neden olabilir.

Leke ve yumuşak çürüklük mantarlarına, genellikle sürekli olarak şiddetli nemden etkilenen yumuşak çürüklüğün meydana geldiği, binaların zemin katı gibi yerlerde rastlanır. Ancak, mantar bulaşması halinde, bu mantarlar binalarda da görülebilir. Yüzeysel küfler, bu mantarların ahşaba nüfuzuna engel olur, fakat bunlar nemli sıvalar, duvar kağıdı ve halılar üzerinde oluşur. Aslında bunların önemi, varlıklarının, çok nemli koşullar olduğunu göstermesidir. Nemli ortamlarda ortaya çıkan ve ahşabı tahrip eden mantarlar, esas itibarıyla *Basidiomycete*'lerdir. Bunlar, binalarda ahşabın çok şiddetli tahribatına neden olan yegâne mantar grubudur. Bu mantarların çoğu, çatı ya da tesisat sızıntısı gibi başka bir kaynaktan gelen veya toprak ya da diğer bir yapı malzemesinden emilen nem ile gerçekten ıslanan ahşapta gelişebilen, örneğin *Coniophora puteana* gibi *yaş çürüklük* (beyaz çürüklük) mantarlarıdır (Resim 1). Nem kaynağının kurutulması, yaş çürüklük mantarlarının yaptığı tahribatın daha fazla ilerlemesini önlemek için yeterlidir. Bu önlem, ileri-



Resim 2. Kahverengi çürüklük, sert odundan ziyade yumuşak odunda daha fazla görülür. "Brown rots are more common in softwoods than in hardwoods" (Ridout, 2004)

de benzer ıslaklık koşullarında oluşabilecek bulaşmalara ya da yaş çürüklük mantarlarının bulaşmasını takip eden kuruma dönemlerinde *kuru çürüklük* (kahverengi çürüklük) mantarlarının (örneğin *Serpula lacrymans* gibi) gelişmesine engel olmak için gerekli olabilir. Kahverengi çürüklükte, mantar enzimleri selülozu tahrip eder, fakat lignini büyük ölçüde değiştirmeden bırakır; böylece farklı bir kahverengilik ortaya çıkar (Resim 2). Çürüme ilerledikçe ahşap daha kuru görünür, ahşapta enine ve boyuna, dikdörtgen ve küp şekilli kuruma çatlakları gelişir. Bu görünüş, teşhis bakımından faydalı bir özelliktir. Oysa beyaz çürüklük, hem selülozu hem de lignini tahrip eder; ahşabın rengini değiştirmeden bırakır fakat yumuşak, keçemsi ya da lifli bir doku oluşturur (Richardson, 1995; Ridout, 2004). Bu mantarlar, sadece eski ahşap binalarda değil, eğer uygun ortamı bulurlarsa yeni binalarda da zararlı olabilirler.

Ahşaba zarar veren mantar çürümeleri daha çok bodrumlarda, döşeme tahtalarında, duvara gömülü lento ve kiriş başlarında, süpürgelik arkalarında, çatı elemanlarında ve pencere çerçevelerinde görülür.

Çürüyen ahşap, genellikle enine ve boyuna çatlaklar, küp ya da dikdörtgen biçimli parçalara ayrılır, kı-

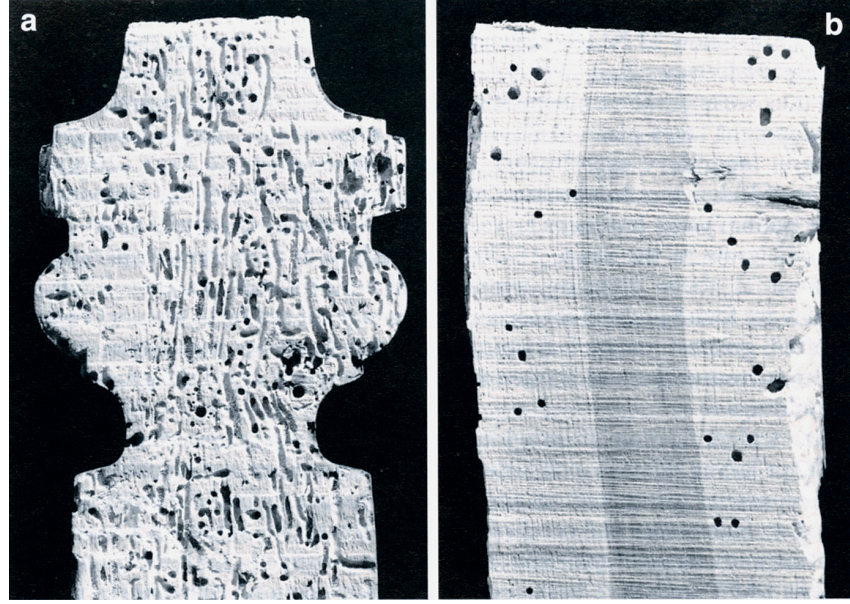
rlganlaşır, çarpılır, boş ses verir; ahşabın yüzü buruşur, rengi değişir, kahverengileşir, koyulaşır, özgül kokusu kaybolur, görünümü bozulur ve direnci azalır (Seçkin, 2010). Öte yandan, ahşabın ömrü kuru yerde çok daha uzun olur. Su içinde de uzun süre dayanır, çünkü su içindeki ahşabın bütün hücreleri su ile dolu ve havasızdır; bu nedenle mantarın yaşaması olanaksız ve ahşabın çürümesi çok zor ya da son derece yavaştır.

## 1.2. Böcek Yuvalanması

Ahşabı bozan bir diğer zararlı da böceklerdir. Böcekler, ahşaba larvaları vasıtasıyla zarar verir. Bu larvalar, ahşabın bünyesindeki proteinle beslenir. Böcekler, genellikle nemli, yumuşak ve kısmen çürümüş ahşabı sever. Ahşabın içindeki nem, böceklerin gelişmesi için besin kadar önemlidir. Lif doygunluğundaki nem, böceklerin gelişmesi için en uygun nem oranıdır. Artan nem, gelişmeyi hızlandırır. Bu nedenle, böcek zararlarının önlenmesi için nem kontrolü çok önemlidir (Berkel, 1972). Ayrıca, böceklerin gelişimi için oksijen ve sıcaklık şarttır; 10°C'nin üzerindeki hava sıcaklıkları, böcek gelişimi için elverişli ortamlar oluşturur.

Böceklerin pek çoğu erişkin olmadan ahşabın dışına çıkamaz; ahşapta böceklerin verdikleri zararlar, ancak yüzeydeki uçma delikleri, ahşap içindeki tüneller, kurt tozları, pencerelerdeki ölü böcek kalıntıları ve çekiçle vurulduğunda boş ses duyumları vasıtasıyla anlaşılır.

En iyi bilinen ahşap delici zararlılar, *Anobiidae* alt familyasından mobilya kurtlarıdır. Bu kurtların larvaları, kıvrık ve uzun ömürlüdür. Bunlar, yumurtalarını odun çatlaklarına ya da eski böcek uçma deliklerine bırakır. Olgun böcekler, uçma deliklerinden çıkmadan önce ahşaba büyük zararlar verir. Adi mobilya kurdu (*Anobium punctatum*), çoğu kez diğer ahşap delicilerden nispeten az yapısal zarara yol açabilir (Richardson, 2001); fakat çok fazla yayılır ve uygun ahşabı bulduğu her yerde istisnasız ahşap üzerinde yoğunlaşır, sert odun,



Resim 3. Ahşaba zarar veren böceklerin zarar özellikleri, a. *Anobium punctatum*. b. *Lyctus brunneus*. "Damage characteristics of wood destroying insects, a. *Anobium punctatum*. b. *Lyctus brunneus*" (Unger, vd., 2001)

yumuşak odun demeden, nem koşulları uygun olduğunda diri oduna yerleşir (Resim 3). Larvalarıyla zarar verir, yumurtalarını ahşabın eski uçma delikleri, çatlakları ve derzlerinin içine bırakır. Larvalar ahşabın damarları boyunca hareket eder, beslenip geliştikçe her yönde tüneller açar (Unger, vd., 2001). Olgun kurtlar, ekseriya mayıs sonu ile ağustos başı arasında ahşabın dışına çıkar ve 3-4 hafta yaşar; bu sırada limon şeklindeki beyaz yumurtalarını, küçük gruplar halinde çatlak, yarık ve eski uçma deliklerinin içine bırakırlar. Her yumurta, 4-5 hafta sonra larvaya dönüşür (Richardson, 2001; Desch ve Dinwoodie, 1996).

Ilıman iklim yörelerinde en çok rastlanan odun delici böcekler elbette adi mobilya kurtlarıdır. Önemleri değişmekle birlikte, daha pek çok delici böcek türü vardır. En yırtıcıları uçan karıncalar (Theocolax formiciformis ve Spatilius exarata). Ptilinus pectinicornis, kayın, çınar, akçağaç ve karağaç gibi sert oduna zarar verir ve mobilyada sıkıntı yaratır. Bu zarar, uçma deliklerinin boyutu ve biçimi dahil, mobilya kurtlarının yaptığı zararın benzeridir.

Delici kurtların en büyüğü Xestobium rufovillosum'dur. Bu kurt,

eski binalarda meşe, kestane, karağaç, ceviz, kızılğaç ve kayına zarar verir. Daha önce mantar zarar görmüş ahşabın hem diri odununu hem de öz odununu etkiler ve çevresindeki yumuşak oduna da yayılabilir. Böcek yoğunlaşması, nemli ya da çürümüş ahşapla sınırlı kalır. Bu kurdun tipik tahrip özelliği, kahverengi çürüklük faaliyetini nedeniyle zarar gören ahşabın renginin kahverengi olmasıdır (Unger, vd., 2001). Ömrü, çürümüş ahşabın içindeki azot miktarına bağlıdır; 10 yıl kadar uzun olabilir, fakat optimum koşullarda bir yıldır. Olgun kurtlar, normal olarak mart sonu ile haziran başı arasında odunun dışına çıkar. Larvalar temmuz veya ağustos ayında pupa yapar, 2 ya da 3 hafta sonra olgunlaşır. Ancak normal uçma zamanında ahşaptan çıkana kadar ahşabın içinde kalır ve ahşabın rengi koyulaşır (Richardson, 2001).

Ahşaba en ciddi zarar veren böcek Teke böceği (Hylotrups bajulus)'dir. Zararı tarihi binalarda görülür. Yaklaşık 10mm çapında karakteristik oval uçma delikleri bırakan, nispeten büyük bir kurttur. Tek bir uçma deliğinin görüntüsü bile meydana gelen zararın şiddetini ve yapının durumunu gösterir (Resim 3). Böcek za-

rarları, kuru yumuşak odunun diri odun kısmında meydana gelir (Unger, vd., 2001; Desch ve Dinwoodie, 1996). Kurtlar temmuz-eylül'de odundan dışarı çıkar, tek bir dişi kurt 200 kadar yumurta bırakır. Larvalar pupa yapmadan ve olgunlaşmış odunun içinden çıkmadan önce, 3-11 yıllık bir periyot zarfında büyük zararlar yapabilir; muhtemelen, diri odun tamamen zarar görebilir ve sadece ince bir yüzey tabakası kalabilir. Bu nedenle, zararın ilk işareti, yumuşak odun öğelerinin büyük ölçüde zayıflayıp çökmesi olabilir. Larvalar, tam olarak geliştiklerinde yaklaşık 30mm uzunluğundadırlar. Pupaşma (tırtillaşma), ahşap yüzeyinin altındaki hücre içinde olur ve 3 haftada tamamlanır (Richardson, 2001).

Meşeden yapılmış eski ah-

şap binalarda, bazen diri odunda *Phymatodes testaceus*'un zararları görülür. Bu kurt diğer sert odun türlerinde de zararlar yapabilir; ancak eğer sert odun çürükse diğer teke böcekleri (*Rhagium mordax* ve *Leiopus nebulosis* gibi) de zararlı olabilir. Ahşaba arada sırada zarar veren daha başka odun delici böcekler de vardır. Bunların zararı bazen yumuşak odunda görülse de, esas itibarıyla yeşil sert odunun diri odun kısmında görülür; yüzey tabakası hariç bütün diri odun tamamen zarar görebilir. Bu böcekler, uygun sert odunlara 30-50 yumurta bırakır; larvalar odunun içinde yavaş yavaş gelişir ve olgun kurtlar normal olarak ilkbahar, yaz ya da sonbaharda, ekseriya mayıs sonu ve eylül başı arasında, 0,8-1,5cm çapında delikler bırakarak dışarı çıkarlar (Richardson, 2001).

Aslında binalarda önemli mantar ve böcek zararlarından korunmak için, özellikle ahşabın ıslanmasına ya da nemlenmesine engel olacak yapısal önlemlerin alınması yeterlidir. Binalarda toprak zeminden gelen neme karşı yalıtım yapılması, askılı saçak ve etkin yağmur suyu tahliye sistemi uygulaması, çürümenin engellenmesinde önemli yapısal önlem örnekleridir. Binalarda, özellikle dış doğramanın boyanması, ahşabı yağmurdan korur ve böylece çürümeye karşı koruma sağlanır. Ancak boya tabakasındaki küçük kusurlar ya da zararlar, ahşabın su emmesine, dolayısıyla nem toplamasına yol açar.

Boya, böcek ve mantar zararlarına karşı ahşabı koruyan bir bariyerdir. Ancak daha etkili bir koruma, ahşabın iyi bir şekilde empenye edilmesiyle sağlanır.

## 2. Ahşap Zararlarının Teşhis Yöntemleri

Ahşabın durumu, çeşitli amaçlarla incelenir. Bu amaçlar arasında, ahşabın özelliklerinin, kusur ve zarar dereceleri ile nedenlerinin, zararın tipi ile şiddetinin ve tedavi yöntemlerinin tespiti sayılabilir.

Ahşabın durumunun tespit ya da teşhisi, tahribatlı ya da tahribatsız yöntemler yardımıyla yapılır. Bu yöntemler, bilimsel incelemelerde ve endüstriyel kalite kontrollerinde kullanılır.

Kültürel ya da tarihi yapılarda, ahşabın özelliklerinin tespiti, koruma ve restorasyon çalışmaları öncesinde ve sonrasında yapılan durum tespitinden çok daha az önemlidir. Ahşabın durumunun tespiti ve değerlendirilmesi, ormancılıkta ve odun endüstrisinde çok büyük öneme sahiptir. Ormancılıkta yapılan, felaket boyutunda zararlar sebepten önce iç çürümenin ya da odun delicilerin erken tespiti ya da teşhisidir. Odun endüstrisinde, tomruk ya da kerestede kusurların yeri ve miktarı ile renk bozulmaları, lekelenmeler, çürüklükler ve böcek zararları önem taşır.

Tarihi yapılarda ise ana amaç, mantar, bakteri veya böcekler tarafından yapılan biyolojik tahribatın tespit ya da teşhis edilmesidir. Arkeolojide, hem biyolojik tahribat hem de abiyotik tahribat söz konusudur. İster ormancılıkta ve odun endüstrisinde, isterse kültürel yapılarda olsun; amaç, daha fazla tahribata meydan vermemek için olabildiğince tahribatsız yöntemleri kullanmaktır. Sanaatsal eserlerde ve tarihi yapılarda, ormancılık ve odun endüstrisi için geliştirilmiş olan tespit ya da teşhis yöntemlerinin değiştirilmiş formları uygulanır. Dolayısıyla tomruk, kereste ya da ahşabın durumunun tespit ya da teşhisinde; mekanik, elektrikli, optik, akustik, termografik, radyografik, nükleer magnetik, kimyasal ve biyolojik yöntemler ya da bu yöntemlerin birkaçının kombinasyonu söz konusu olur (Unger vd., 2001; Seçkin, 2010).

### 2.1. Mekanik Yöntemler

Tarihi binalardaki yapısal ahşaplardan ya da masif arkeolojik objelerden *artım burgusu* ile alınan çe-

şitli örneklerle, rutubet miktarı, yoğunluk, mekanik özellikler, biyolojik tahribat ve koruyucu etkileri tespit edilebilir. Artım burgusu yöntemi, dikili ağaçlarda ve yapıdaki ahşaplarda uygulanır. El aletleri ile uygulanan, basit ve az masraflı bir yöntemdir. Ancak tahribat yapması ve sonuçlarının sadece sınırlı bir yere özgü olması gibi sakıncaları vardır.

Ahşap malzemenin dayanıklılığı ya da sağlamlığı, çelik iğneler ya da ince delici matkap uçlarına sahip çeşitli cihazlarla tespit edilir. Bu yöntemde cihazın 0,5-3mm çapındaki iğneleri ya da delici matkap uçları, ahşabın içine belirli bir güçle itilir. Ahşaba girme derinliği, cihaz üzerindeki bir skaladan okunur. Bu derinlik, ahşabın dayanıklılığının ya da sertliğinin ölçüsüdür. Ahşapta çürüklük ya da böcek zararının olması, çelik iğnenin büyük ölçüde daha derine gitmesine neden olur. Bu yöntemle yoğunluk, sertlik ve biyolojik tahribat tespiti yapılır. Yapıdaki ve su içindeki ahşaplarda uygulanır. Basittir, yerinde uygulama yapılır, el aletleri kullanılır, dü-

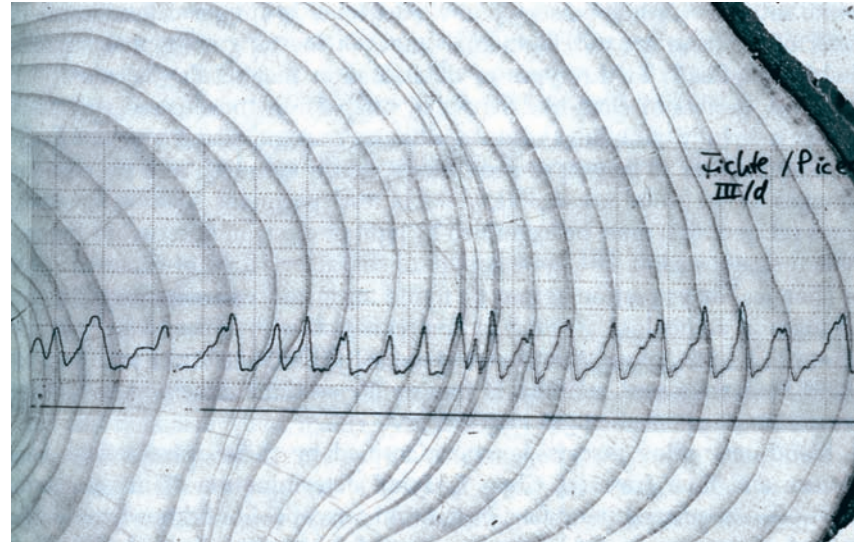
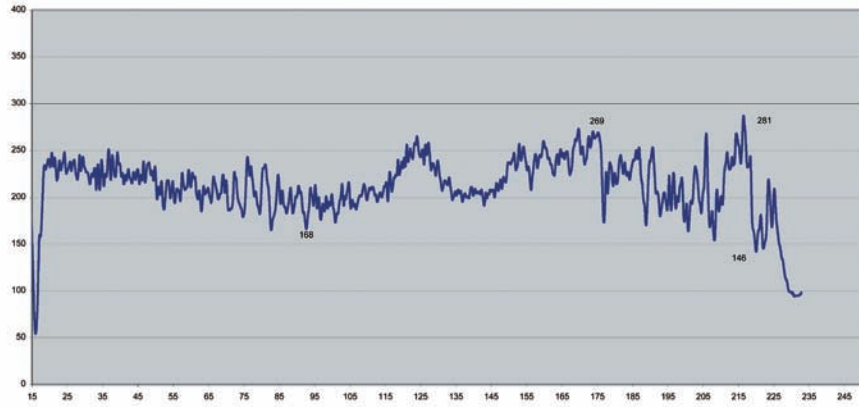
şük masraflı ve hemen hemen tahribatsız bir yöntemdir. Ancak, özelliklerinin kesin olarak ölçülememesi ve verilerin çok dağınık olması gibi sakıncaları vardır.

Öte yandan, bazı cihazlarla da sabit bir ilerleme hızı ile ahşabın içine giren iğnenin karşılaştığı direnç ölçülür. Bu cihazın tipik bir örneği *resistograftır* (Unger vd., 2001; Liliana, 2007). Bu cihaz: bir delici, bir pıl, bir yazıcı ve bir bilgisayar hafızasından oluşur (Resim 4). Delici, 500mm/dakika'lık sabit ilerleme hızı ile 1m derinliğe kadar girebilir. Delik çapları 1-3mm'dir ve bu delikler kendi kendine kapanır. Cihazın motorunun güç tüketimi, delik hattı boyunca ahşabın yoğunluğunun bir ölçüsüdür ve bu güç tüketimi bir dendrogram formuna kaydedilir (Resim 5). Her operatör, bu taşınabilir cihazı, yapısal ahşap elemanlarının emniyeti ile yük kapasitesini incelemek ve çürüme ve böcek zararları ile tahrip olan ahşabın geriye kalan dayanıklılığını tahmin etmek için kullanabilir. Bu delik hattı boyunca karşılaşılan direnç ölçme yöntemi, ağaçlarda ve yapılarıdaki ahşaplarda yoğunluk ve biyolojik tahribat tespiti için uygulanır. Uygulanması kolaydır, cihaz taşınabilir, masrafı yüksek değildir, yerinde ölçme yapılır ve veriler kaydedilir. Ancak, kesin olarak ölçülemeyen özelliklerin bulunması ve test noktalarında çürümenin meydana gelmesi gibi sakıncalara sahiptir.

## 2.2. Elektrikli Yöntemler

Elektrikli yöntemler, ahşabın elektrikli direncinin, iletkenliğinin ve yalıtkanlık katsayısının belirlenmesini ve mikro dalga kullanımını kapsar. Esas itibarıyla, ahşabın içindeki nem miktarının belirlenmesine hizmet eder; fakat dikili ağaçlarda ve enerji direkleri olarak kullanılan ahşapta çürüklük kontrolü için de kullanılmıştır. Dikili ağaçlarda, yapıdaki ahşaplarda ve kültürel yapılarda uygulanır. Tahribatsız, uygulaması kolay, masrafı düşük, yerinde ölçme yapılan ve el cihazları kullanılarak uygulanabilen bir yöntemdir.

Resim 4. Resistograf testi ve test çıktısı: eski ahşap yapıları test etmek için kullanılan delme direncini ölçme aleti. "Resistograph testing and print out of Resistograph test" (Liliana, 2007)



Resim 5. Dendrogram: öz çürüklü bir ağaç gövdesinin yoğunluk profili. "Dendrogram: density profile of a tree trunk with heart rot" (Unger vd., 2001)

## 2.3. Optik Yöntemler

En basit yöntem *optik incelemelerdir*. Teşhis değerlendirmelerinin başlama noktasıdır. Çürümenin ileri aşamaları optik olarak kestirilebilir ve ileride daha detaylı olarak incelenecek alanlar, obje üzerinde işaretlenerek belirlenir. Bu yöntemle, biyolojik tahribat ya da çürüklük zararları tahmin edilebilir. Zararın kahverengi çürüklük, beyaz çürüklük ya da yumuşak çürüklükten mi meydana geldiği ve sebep

olan mantarın türünün ne olduğu, mantarın gelişme dönemlerinden (hyphae, mycelia, fruiting bodies) ve meydana gelen tahribatın tipinden (discolorations, warping, cubical/ shell-like decay) belirlenebilir. Bu durumlarda, mantarın zararı zaten ileri bir safhadadır. Eğer mantar gelişmesinin görsel bir belirtisi yoksa ya da istemeden varolan belirtiler yok olmuş veya yok edilmişse, olası mantar zararının tespiti için, artım burgusu örnekleri gibi uygun

test örneklerinin ışık ya da elektron mikroskobu ile incelenmesi gerekir. Aynı uygulama, bakteri zararlarının ya da kimyasal tahribatın belirlenmesi için de yapılır.

Ahşabı tahrip eden böcekler, karakteristik delik şekilleri ile teşhis edilebilir. Böcek türlerinin kesin belirlenmesi, bir el lensini ya da ışık mikroskobunu gerektirir. Odun endüstrisinde, kalite kontrolü ve kesimlerin incelenmesinde, ortoelektrik yöntemler kullanılmaktadır.

*Işık ve elektron mikroskobu* yapıdaki ve su içindeki ahşaplarda meydana gelen biyolojik zararın ve kimyasal tahribatın teşhisi için kullanılır. Daha sıhhatli teşhis yapılmakla birlikte; hazırlık safhası zaman alır ve cihazları pahalı bir laboratuvar yöntemidir.

Ahşap binalarda mantar ve böcekler tarafından meydana getirilen tahribatın endoskopta incelenmesi öteden beri başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. *Endoskopi* ile biyolojik tahribat incelenir; nispeten basittir ve yerinde inceleme yapılır.

Ayrıca, *infrared (IR) spektroskopu*, özel ve yararlı optik yöntemlerden biridir. Bu yöntem, daha ziyade arkeolojik ahşabın durumunun tahmini amacıyla kullanılmıştır. IR spektroskopu ile yüzeydeki nem miktarı ve tahribat tespit edilir. Sanatsal ve arkeolojik objelerde kullanılır. Tahribatsız bir laboratuvar yöntemidir.

## 2.4. Akustik Yöntemler

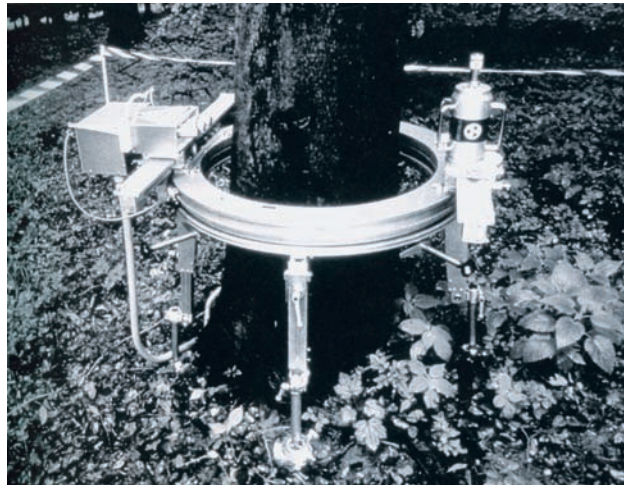
Ahşabın durumunun akustik teşhisinde esas itibarıyla ahşaptaki ses hızından ve akustik emisyonlardan faydalanılır (Ratay, 2005). Ses hızı, mantar çürüklüğü ve böcek zararları gibi budak ve yoğunluk farklarını da ortaya çıkararak, ahşaptaki yapısal detaylardan şiddetli bir şekilde etkilenir. En basit durumda, iç çürüklük ve böcek zararının olduğu bölgeler, bir çekiç darbesi ile mekanik olarak elde edilen seslerle ortaya çıkarılabilir. Ahşabın yoğunluğu ve nem miktarı, özellikle çürük ahşapta, ölçmeleri etkiler. Ahşaptaki çürüklüğün belirlenmesi için, *ultrasound (yüksek frekanslı ses)* kullanılır (Resim 6). Ultrasound test yöntemi;



Resim 6. Ultra-sound test aleti ve ölçme sistemi. "Ultra-sound testing equipment and measurement system" (Ross vd., 1999)



Resim 7. Taşınabilir bilgisayarlı tomografi. "Mobile computer tomograph" (Unger vd., 2001)



mi; ahşabın kusurlarını, çürük alanları ve böcek zararlarını test etmek için kullanılır. Tahribatsız ve el cihazları ile yerinde ölçme yapılan bir yöntemdir. Akustik emisyon analizi, tahribatsız bir yöntemdir; bu yöntemle çürüklük, geleneksel dayanıklılık test yöntemleri ile ortaya çıkarılmadan önce, çok erken dönemlerinde tahmin edilebilir. Sadece ahşaptaki çürüklük değil, aynı zamanda ahşabın içinde yaşayan ve ahşaba zarar veren böceklerin bes-

lenmeleri ve hareket etmeleri sırasında da akustik sinyaller çıkarır. Bu yöntem yapıdaki ahşaplarda ve kültürel eserlerde uygulanır. Tahribatsız, yerinde ölçme yapılan ve pratik cihazlara sahip, genellikle mobilya kurtları için uygulanan bir laboratuvar yöntemidir.

## 2.5. Termografik Yöntemler

Radyasyon ısısının ölçülmesi için kullanılır. Budak, çürüklük, böcek zararları ve nem miktarı farkları test

edilir. Yapıdaki ahşaplarda ve kültürel eserlerde uygulanır. Tahribatsız ve el cihazları ile yerinde ölçme yapılan bir yöntemdir.

## 2.6. Radyografik Yöntemler

X ışınları ya da gama ışınları, kullanılan en yaygın yöntemlerdir (Resim 7). Bu yöntemler, ultrasound yöntemi ile benzerlik gösterirler.

Geleneksel X ışınları yöntemi ile, ahşabın makroskobik yapısı, yoğunluğu, çürüklüğü ve böcek zararları test edilir. Tahribatsız bir yöntemdir.

*Bilgisayarlı tomografi yöntemi* ile ise çürüklük, yoğunluk ve nem miktarı test edilir. Tahribatsız, fakat

pahalı ekipmanlar gerektiren, çok yüksek masraflı bir yöntemdir.

## 2.7. Nükleer Magnetik Yöntemler

Tomografi yöntemidir. Nem miktarı ve dağılımı ölçülür. Tahribatsızdır, fakat çok pahalı cihazlar gerektirir.

## 2.8. Kimyasal/Biyolojik Yöntemler

Son yıllarda, kahverengi çürüklüğü özellikle *Serpula lacrymans*'ı meydana çıkarmak için yöntem geliştirme konusu ağırlık kazanmıştır. Bilhassa karbondioksit emisyonu ölçülmüştür. Ayrıca, moleküler biyolojik incelemelerden de yararlan-

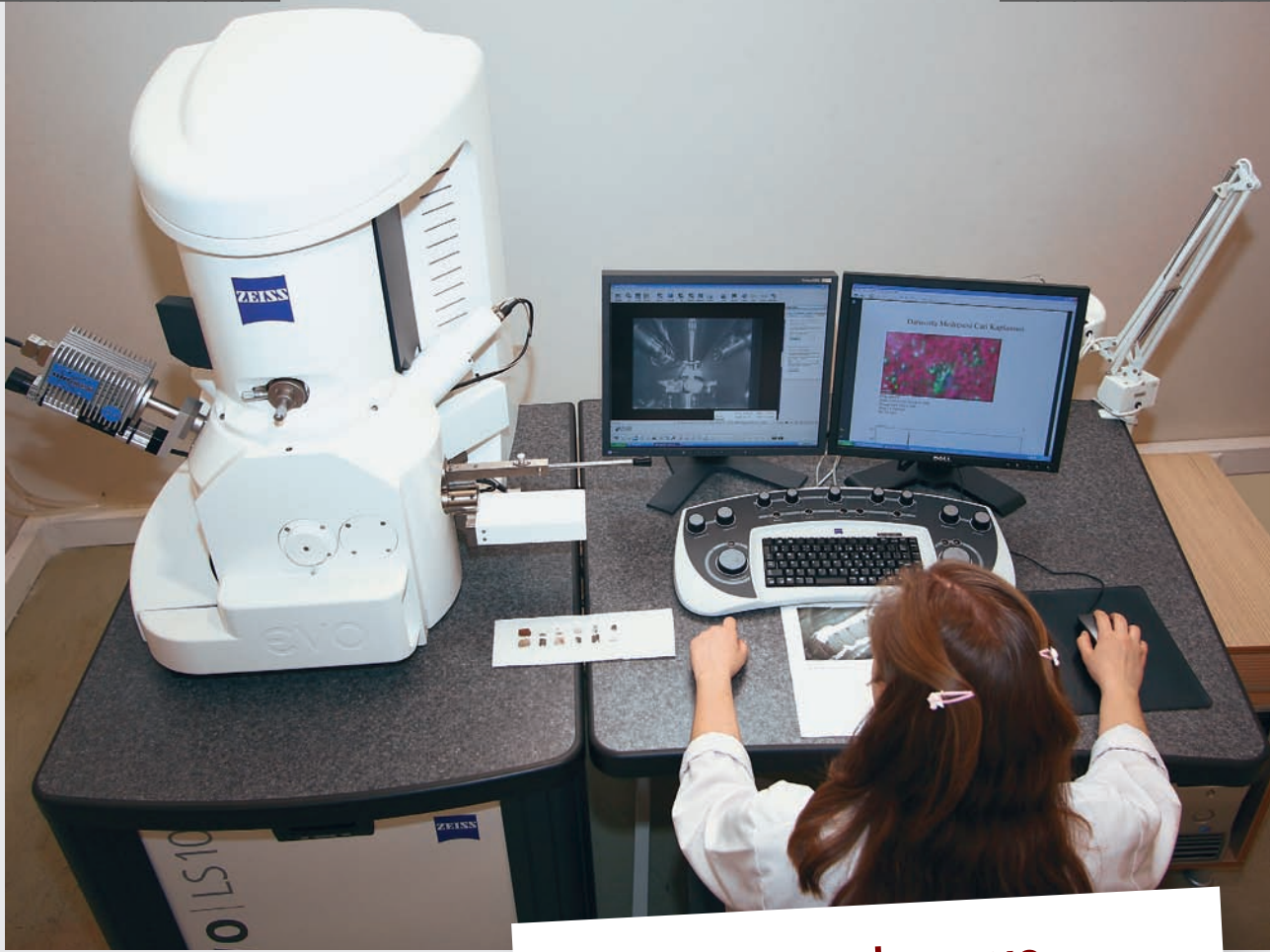
ılmıştır. Binalardaki aktif çürüklüğü ortaya çıkarmak için köpekler bile kullanılmıştır. Hatta ahşaptan ve mantar çürüklüğünden çıkan organik bileşenlerin kokusunu değerlendirmek için, elektronik koku alıcılar kullanılmıştır.

Bu teknikte; renk indikatörleri, CO<sub>2</sub> emisyonunun ölçülmesi, jel elektroforesisi ile immunolojik ve genetik yöntemler söz konusudur.

Çürüklük, özellikle *Serpula lacrymans*'ın varlığı test edilir, yapıdaki ahşaplarda uygulanır; çürüklük başlangıç dönemlerinde ortaya çıkarılır ve çürüklük mantar türleri teşhis edilir. Laboratuvar yöntemleridir.

## REFERANSLAR

- 1- Berkel, A., 1970, *Ağaç Malzeme Teknolojisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, Cilt I, İstanbul.
- 2- Berkel, A., 1972, *Ağaç Malzeme Teknolojisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, Cilt II, İstanbul.
- 3- Brashaw, B.K., Vataloro, R.J., Wacker, J.P., Ross, R.J., 2005, "Condition Assessment of Timber Bridges, 1. Evaluation of a Micro-Drilling Resistance Tools", *General Technical Report FPL-GTR-159*, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Washington.
- 4- Brashaw, B.K., Vataloro, R.J., Wacker, J.P., Ross, R.J., 2005, "Condition Assessment of Timber Bridges, 2. Evaluation of Several Stress-Wave Tools", *General Technical Report FPL-GTR-160*, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Washington.
- 5- Desch, H.E., Dinwoodie, J.M., 1996, *Timber, Structure, Properties, Conversion and Use*, 7th edition, Macmillan Press Ltd, London.
- 6- Günay, R., 2001, *Geleneksel Ahşap Yapılar Sorunları ve Çözüm Yolları*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- 7- Palaia, L., 2007, "Structural Failure Analysis of Timber Floors and Roofs in Ancient Buildings at Valencia (Spain)", *ICOMOS IWC-XVI International Symposium*, Florence, Venice and Vicenza.
- 8- Ratay, R., 2005, *Structural Condition Assessment*, ASCE, John Wiley and Sons Inc., New Jersey.
- 9- Richardson, B.A., 2001, *Defects and Deterioration in Buildings*, 2nd Edition, Spon Press, London.
- 10- Ridout, B., 2004, *Timber Decay in Buildings, The Conservation Approach to Treatment*, Spon Press Taylor and Francis Group, London and New York.
- 11- Ross, R.J., Pellerin, R.F., Volny, N., Salsig, W.W. and Falk, R.H., 1999, "Inspection of Timber Bridges Using Stress Wave Timing Nondestructive Evaluation Tools. A Guide for Use and Interpretation". *General Technical Report FPL-GTR-114*, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Washington.
- 12- Seçkin, N.P., 2010, "Ahşap Malzemenin Sorunları ve İnceleme Teknikleri", *Ahşap Yapılar Koruma Restorasyon ve Sürdürülebilirlik Kriterleri Paneli*, İstanbul.
- 13- Unger, A., Schniewind, A.P. and Unger, W., 2001, *Conservation of Wood Artifacts. A Handbook*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.



## Araştırmacılara ve Araştırma Gruplarına SEM-EDX Analizleri...

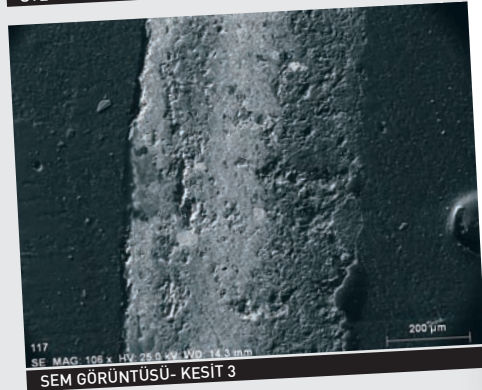
İBB Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü bünyesinde bulunan Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarı'nda, SEM-EDX (Taramalı Elektron Mikroskopu-Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi) cihazı ile: kültür varlıklarının taş, sıva-harç, metal, keramik, kalemışı boya, yağlı boya, vb. pek çok malzemelerinin yanında, çağdaş malzemelerin de mikro yapı özelliklerinin görsel incelemesi ve istenen bölgelerin analiziyle; malzemenin içeriği element veya element oksit olarak, kısa sürede belirlenebilmektedir. Ayrıca, üniversitelerimizdeki araştırma grupları ve araştırmacılara veya AR-GE birimlerine SEM-EDX analizi hizmeti verilmektedir.



BOYA KESİTLERİ GENEL GÖRÜNÜM (STEREO MIKROSKOP)



STEREO MIKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ-3



SEM GÖRÜNTÜSÜ- KESİT 3

**İ.B.B. KUDEB**  
**RESTORASYON - KONSERVASYON**  
**LABORATUVARLARI**  
**ARAŞTIRMA ve EĞİTİM MERKEZİ**