

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
KÜLTÜR VARLIKLARINI KORUMA VE
ONARIM ANABİLİM DALI
SUALTI KÜLTÜR KALINTILARINI KORUMA
BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YENİKAPI 6 BATIĞI'NIN BOZULMA
NEDENLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE
KONSERVASYON ÖNERİSİ**

Tuğçe PAMUK

2501222176

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Ufuk KOCABAŞ

İSTANBUL-2023

ÖZ

YENİKAPI 6 BATIĞI'NIN BOZULMA NEDENLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE KONSERVASYON ÖNERİSİ

Tuğçe PAMUK

Yenikapı Marmaray ve Metro inşaat alanlarında 2004 yılında başlayan arkeolojik kazılar 2014 yılında tamamlanmıştır. Kazı alanında mimari kalıntılar ve binlerce buluntu ile birlikte MS 5.-11. yy arasına tarihlenen 37 adet gemi kalıntısı ortaya çıkmıştır. Yenikapı dünyada en fazla batık gemi kalıntısına sahip kazıdır. Bulunan batıklar gemi yapım teknolojisi ve bu teknolojinin gelişimi bakımından eşsiz bilgiler sunmaktadır. Ayrıca bu kazı Türk bilim insanları tarafından karada gerçekleştirilen ilk tekne ve gemi arkeolojisi çalışmasıdır. 31 adet batığın belgeleme, kaldırma ve konservasyon çalışması “İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sualtı Kültür Kalıntılarını Koruma Anabilim Dalı”nda Prof. Dr. Ufuk Kocabaş başkanlığında yürütülmektedir. Koruma ve onarım çalışmaları tamamlandıktan sonra batıkların kurulacak bir müzede sergilenmesi planlanmaktadır.

Yenikapı 6 batığı, MS 10. yüzyıla tarihlendirilen küçük bir ticaret veya balıkçı teknesi olarak tanımlanmaktadır. Yenikapı batıkları Theodosius Limanı'nın dolmasıyla birlikte yüzyıllar boyunca ıslak toprak altında kalmıştır ve bu koşullardaki ahşaplar “suya doymuş ahşap” olarak nitelendirilmektedir. Ahşap yapısında gömülü kaldığı süre boyunca çeşitli sebeplerle bozulmalar meydana gelmektedir. Bozulmanın tip ve boyutu konservasyon malzemesinin seçilmesinde önemli bir unsurdur. Bu sebeple ahşapların bozulma durumunun tespitinde ileri teknik, kimyasal ve mikroskopik analizler gerçekleştirilmektedir.

Bu tez kapsamında Yenikapı 6 batığına ait suya doymuş ahşaplar incelenmiş ve bozulma meydana getiren sebepler araştırılmıştır. 62 adet ahşap örneği üzerinde gerçekleştirilen cins/tür tayini çalışması sonucu 22 adet kestane, 29 adet meşe, 7 adet

gürgen, 2 adet kavak ve 2 adet ceviz ağacı odunu teşhis edilmiştir. 23 adet ahşap örneği üzerinde gerçekleştirilen maksimum su içeri tespiti sonucu U_{max} değerleri meşelerde ortalama 824, kestanelerde ortalama 661 ve gürgenlerde ortalama 843 olarak hesaplanmıştır. Ahşapların hepsi birinci seviye bozulmuşluk durumundadır. Ahşapta meydana gelen bozulmuşluğun başlıca sebebi ise mikrobiyolojik etmenlerdir. 6 adet ahşap örneği üzerinde gerçekleştirilen hh-XRF analizi sonuçlarında %0,74-3,85 arası değişken oranlarda demir (Fe), %5,46-7,26 arası değişken oranlarda kükürt (S) ve %3,65-9,75 arası değişken oranlarda kalsiyum (Ca) elementleri tespit edilmiştir. Eldeki veriler değerlendirilerek Yenikapı 6 batığı için PEG ile konservasyon yöntemi önerilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Yenikapı Batıkları, Yenikapı 6, suya doymuş ahşap, konservasyon, el tipi XRF, PEG.

ABSTRACT

INVESTIGATION of DEGRADATION CAUSES of YENİKAPI 6 SHIPWRECK AND CONSERVATION PROPOSAL

Tuğçe PAMUK

Archaeological excavations started in 2004 at the Yenikapı Marmaray and Metro construction areas were completed in 2014. Along with architectural remains and thousands of finds, 37 shipwrecks dated to the 5th-11th centuries AD emerged from the excavation area. The Yenikapı excavations have the largest number of shipwreck remains in the world. These shipwrecks provide unique information about shipbuilding technology and the development of this technology. This excavation is the first boat and ship archaeology study carried out on land by Turkish scientists. The documentation, removal, and conservation studies of 31 shipwrecks are carried out by the Istanbul University Faculty of Letters, Department of Conservation of Marine Archaeological Objects, under the direction of Prof. Ufuk Kocabaş. After the conservation and restoration process, it is planned that the shipwrecks will be exhibited in a museum to be established.

Yenikapı 6 is a small trade or fishing boat dated to the 10th century AD. Over the centuries, Yenikapı shipwrecks remained under the wet soil. The wood in this condition is defined as “waterlogged wood.” The wooden structure undergoes deterioration for various reasons when it is buried. The type and extent of deterioration is an essential factor in choosing the conservation material. For this reason, advanced technical, chemical, and microscopic analyses are carried out to determine the deterioration of wood.

In this thesis, the waterlogged woods of the Yenikapı 6 shipwreck were examined and the causes of deterioration were investigated. As a result of the wood type/species identification of 62 wood samples, 22 chestnut, 29 oak, 7 hornbeam, 2

poplar and 2 walnut tree woods were identified. As a result of the maximum water content determination carried out on 23 wood samples, the U_{max} average values were calculated as 824 in oaks, 661 in chestnuts and 843 in hornbeams. All of the woods are in a first level degraded state. The main cause of this type of deterioration in wood is microbiological factors. In the results of hh-XRF analysis performed on 6 wood samples, variable rates of iron (Fe) between 0.74-3.85%, sulfur (S) at variable rates between 5.46-7.26% and calcium (Ca) at variable rates between 3.65-9.75% have been detected. Conservation method with PEG was suggested for Yenikapı 6 shipwreck by evaluating the available data.

KEYWORDS: Yenikapı Shipwrecks, Yenikapı 6, waterlogged wood, conservation, hand-held XRF, PEG.

ÖNSÖZ

Eğitim-öğretim ve mesleki hayatımda her konuda profesyonel bakış açısıyla yardım ve desteğini esirgemeyen Yenikapı Batıkları Proje başkanı Saygıdeğer Hocam Prof. Dr. Ufuk Kocabaş başta olmak üzere; Doç. Dr. Işıl Özsait-Kocabaş Hocama, Doç. Dr. Namık Kılıç'a, Doç. Dr. A. Gökçe Kılıç'a, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Uğuryol'a ve bizlerle deneyimlerini paylaşarak yol gösteren tüm hocalarıma, bilimsel çalışmalarımızı kendilerine bağlı olarak sürdürdüğümüz İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü'ne ve müze müdürü Sayın Rahmi Asal'a en içten saygılarımla teşekkür eder şükranlarımı sunarım.

Yenikapı Batıkları Projesi'nde birlikte çalışma fırsatı bulduğum, isimlerini saymakla bitiremeyeceğim tüm değerli ekip üyesi arkadaşlarıma teşekkür ederim. Proje kapsamında eğitim veren ve değerli bilimsel çalışmalara imza atan hocalarımıza en derin saygılarımla sunarım. Hem eğitim hem de mesleki hayatımda ahşap konusunda yardımlarını esirgemeyen değerli Hocam Prof. Dr. Ünal Akkemik'e saygılarımla sunar, teşekkür ederim.

İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez ve Bölge Laboratuvarı Müdürü Sayın Eftal Kiraz'a tez çalışmam süresince yardımlarını esirgemediği için teşekkürlerimi sunarım.

Ankara Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürü Sayın Mustafa Cengiz Özduygulu'ya, analiz uzmanları ekibinden Jeoloji Yük. Müh. Seda Demirel'e, Kimyager-Restoratör Hülya Furkan'a, Kimyager-Restoratör Seylan Mungan'a ve Kimya Müh. Fatma Güler'e tez çalışmama katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Son olarak, eğitim ve mesleki hayatımda desteklerini esirgemeyen aileme ve dostlarıma teşekkür ederim.

Tuğçe Pamuk
2023, İstanbul

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ	ii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	xi
SEMBOLLER LİSTESİ	xii
KISALTMALAR LİSTESİ	xiv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

YENİKAPI BATIKLARI VE SUYA DOYMUŞ AHŞAP

1.1. Yenikapı Kurtarma Kazıları	4
1.2. Yenikapı Batıkları	9
1.3. Yenikapı 6 Batığı	15
1.4. Suya Doymuş Ahşap	21
1.4.1. Ahşabın Yapısı	21
1.4.2. Suya Doymuş Ahşabın Yapısı	27
1.5. Suya Doymuş Ahşapta Bozulma	27
1.6. Büyük Ölçekli Suya Doymuş Ahşap Konservasyon Yöntemleri	33

İKİNCİ BÖLÜM

YENİKAPI 6 BATIĞI AHŞAPLARININ İNCELENMESİ

2.1. Örnek Alımı	49
2.2. Ahşap Cins-Tür Teşhisi	50
2.3. Bozulma Durumlarının Tespiti	54
2.5. XRF Analizleri	56

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YENİKAPI 6 BATIĞININ BOZULMUŞLUK DURUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KONSERVASYON ÖNERİSİ

3.1. Yenikapı 6 Batığı Ahşaplarının Değerlendirilmesi	63
3.2. Yenikapı 6 Batığı Konservasyon Önerisi	67
SONUÇ	71
KAYNAKÇA	74



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Yenikapı kazı alanını gösteren hava fotoğrafı.....	5
Şekil 1.2: Batıkların kazı alanındaki konumları.	12
Şekil 1.3: Yenikapı 6 batığı ve çadır içerisinde atomize su püskürtme sistemi.	13
Şekil 1.4: Yenikapı 6 Batığı kaplamalarının negatif kalıp yöntemi ile kaldırılması.	14
Şekil 1.5: Laboratuvar ortamında belgeleme ve konservasyon çalışmaları.	15
Şekil 1.6: Yenikapı 6 batığının kütle halinde kaldırma çalışmaları.....	16
Şekil 1.7: Yenikapı 6 batığı (a: arazide, b: fotomozaik).....	17
Şekil 1.8: Yenikapı 6 gemi elemanları.	18
Şekil 1.9: Yenikapı 6 Batığı eğri elemanlarında korozyon tabakaları.....	19
Şekil 1.10: Yenikapı 6 batığı omurga elemanlarında korozyon tabakaları.	20
Şekil 1.11: Yenikapı 6, E18 üzerindeki metal çivi yerlerini gösteren teknik çizim. .	21
Şekil 1.12: Ağaç gövde kesitinin görünüşü.	22
Şekil 1.13: İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç odunlarının yapısı.	22
Şekil 1.14: Odun bileşenlerinin yüzdesel dağılımı.	23
Şekil 1.15: Selüloz polimerinin yapısı.....	24
Şekil 1.16: Odun hücrelerinde hücresel yapı.	26
Şekil 1.17: Yenikapı 6 batığı eğrilerinde kurt yenikleri.	29
Şekil 1.18: Erozyon bakterilerinin odun dokusundaki tahribatı.	30
Şekil 1.19: Tünel açıcı bakterilerin odun dokusundaki tahribatı.	30
Şekil 1.20: Oyukluk oluşturan bakterilerin hücre yapısındaki tahribatı.	31
Şekil 1.21: Arkeolojik (sol) ve sağlam (sağ) ahşapta beyaz çürüklük mantarının tahribatı.	32
Şekil 1.22: Hjortspring (a: sergide, b: 3d model, c: teknik çizim).....	35
Şekil 1.23: Vasa.....	38
Şekil 1.24: Bremen Cog.....	39
Şekil 1.25: Mary Rose.	40
Şekil 1.26: Ma'agan Mikhael	41

Şekil 1.27: PEG ön emdirmeli dondurarak kurutma tekniği uygulanan Çamaltı Burnu 1 gemi elemanları, konservasyon öncesi (sol), konservasyon sonrası (sağ)...	42
Şekil 1.28: <i>Kauramin</i> tekniği uygulanan YK16 gemi elemanları, konservasyon öncesi (üst), konservasyon sonrası (alt).	45
Şekil 1.29: <i>Kauramin</i> tekniği uygulanan YK3 gemi elemanları, konservasyon öncesi (üst), konservasyon sonrası (alt).	45
Şekil 1.30: Serçe Limanı Batığı'nda demir sülfür kaynaklı bozulmalar.	46
Şekil 2.1: Örneklerin muhafaza şekillerini gösteren fotoğraflar.	49
Şekil 2.2: Yenikapı 6 Batığı ahşap elemanlarının odun cins/tür dağılımı.	51
Şekil 2.3: Kestane odunu anatomik yapısı (sırasıyla; enine, radyal ve teğet kesit)... 53	53
Şekil 2.4: Meşe odunu anatomik yapısı (sırasıyla; enine, radyal ve teğet kesit).	53
Şekil 2.5: Gürgen odunu anatomik yapısı (sırasıyla; enine, radyal ve teğet kesit)... 54	54
Şekil 2.6: Yenikapı 6 Batığı ahşap örnekleri (a: ıslak, b: kuru).	55
Şekil 2.7: Hitachi marka X-MET8000 model el tipi XRF cihazı.	56
Şekil 2.8: E4 numaralı (akmeşe) eğri ahşap örneğinin XRF spektrumları.	57
Şekil 2.9: İK 2-3 numaralı (kestane) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumları... 58	58
Şekil 2.10: İK6 numaralı (akmeşe) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumu.	59
Şekil 2.11: SK5-2 numaralı (akmeşe) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumları. 60	60
Şekil 2.12: SK6-1 numaralı (akmeşe) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumları. 61	61
Şekil 2.13: İK1-2 numaralı (kestane) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumu.	62

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: İğne ve geniş yapraklı ağaç odunlarında polisakkarit ve lignin içeriği ...	25
Tablo 1.2: Ahşabın elementel içeriği.	25
Tablo 2.1: Yenikapı 6 batığı ahşaplarının gemi elemanı cins/tür dağılımı.	51
Tablo 2.2: Yenikapı 6 Batığı ahşaplarının maksimum su içerikleri.....	55
Tablo 2.3: E4 numaralı örnekte XRF analizi ile tespit edilen elementler.	57
Tablo 2.4: İK 2-3 numaralı örnekte XRF analizi ile tespit edilen elementler.....	58
Tablo 2.5: İK6 numaralı örnekte XRF analizi ile tespit edilen elementler.	59
Tablo 2.6: SK 5-2 numaralı örnekte XRF analizi ile tespit edilen elementler.	60
Tablo 2.7: SK6-1 numaralı örnekte XRF analizi ile tespit edilen elementler.	61
Tablo 2.8: İK1-2 numaralı örnekte XRF analizi ile tespit edilen elementler.....	62

SEMBOLLER LİSTESİ

-	: Eksi
=	: Eşittir
%	: Yüzde
/	: Bölme
μm	: Mikrometre
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
B	: Bor
Ba	: Baryum
C	: Karbon
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
cm	: Santimetre
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
g	: Gram
H	: Helyum
Hg	: Cıva
Ir	: İridyum
K	: Potasyum
m	: Metre
m^2	: Metrekare
m^3	: Metreküp
Mg	: Magnezyum

mm	: Milimetre
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
N	: Azot
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
O	: Oksijen
°C	: Derece santigrat
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
Pd	: Paladyum
pH	: Hidrojen konsantrasyonunun eksi logaritması
Rh	: Rodyum
S	: Kükürt
Si	: Silisyum
Ti	: Titanyum
V	: Vanadyum
x	: Çarpım
Zn	: Çinko
Zr	: Zirkonyum

KISALTMALAR LİSTESİ

Bkz.	: Bakınız
E	: Eğri
Ed.	: Editör
EDTA	: Etilendiamin tetraasetik asit
HEPA	: <i>High Efficiency Particulate Arresting</i> -Yüksek Etkinlikte Partikül Yakalayıcı.
INA	: <i>Institute of Nautical Archaeology</i> - Sualtı Arkeolojisi Enstitüsü
İBT	: İskele burma tahtası
İK	: İskele kaplama tahtası
İÜ	: İstanbul Üniversitesi
LDN	: Lif doygunluğu noktası
LOD	: <i>Limits of detection</i> -Algılama Sınırı
max	: Maksimum
MÖ	: Milattan önce
MS	: Milattan sonra
OM	: Omurga
PEG	: Polietilen glikol
SBT	: Sancak burma tahtası
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
SK	: Sancak kaplama tahtası
TEOS	: Tetraetoksi silikat
UNESCO	: <i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i> - Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu.
vd.	: ve diğerleri

XRD : X-Işınları Difraktometresi
XRF : X ışını floresans spektroskopisi
YY : Yüzyıl



GİRİŞ

Antik dönemden günümüze insanlar deniz ve göller gibi sulak alanlar üzerinde farklı tipteki teknelerle taşımacılık ve ticaret yapmışlardır. Değişime uğrayan iklim şartları ve meydana gelen doğal afetler sebebiyle bu alanların bazıları kuraklaşmış veya terk edilmiştir. Bazıları da yer altı suları ve nehirler ile taşınan alüvyonlar sebebiyle zamanla dolarak üzerinde seyir yapılamayacak hale gelmiştir. Binlerce yıl süren bu değişim, zamanında çeşitli sebeplerden ötürü limanda bırakılmış veya batmış gemilerin üzerlerinin kalın bir sediment ve toprak tabakasıyla kaplanarak korunmalarına yardımcı olmuştur. Ülkemizde de bu anlatıma uyan en değerli arkeolojik keşif şüphesiz ki Theodosius Limanı olmuştur. İstanbul'da Marmaray ve Metro raylı taşıma sistemlerinin istasyon inşa çalışmasında 2004 yılında arkeolojik kalıntıların bulunmasıyla yaklaşık on yıl süren kurtarma kazıları başlamıştır. Yenikapı, Sirkeci ve Üsküdar'da gerçekleştirilen kurtarma kazıları sayesinde on binlerce tarihi kalıntı ve obje ile birlikte Yenikapı'da keşfedilen Theodosius Limanı'nda 37 adet batık gemi gün yüzüne çıkartılmıştır. Bu batıklar Türkiye'de karada keşfedilen ilk batıklar olma özelliğini taşımakla birlikte dünya çapında Orta Çağ Bizans Dönemine tarihlendirilmiş en geniş koleksiyonu oluşturmaktadır. Döneminin gemi yapım teknolojisine dair eşsiz bilgiler sunan bu batıkların ahşapları suya doymuş ahşap olarak sınıflandırılmaktadır.

Ahşaplar, sualtında veya gömülü kaldığı sediment içerisindeki ortam oksijensiz (anaerobik) veya oksijensize yakın olduğu için hızlı bir biyolojik bozulmadan korunmaktadır. Buluntuların neredeyse kullanıldığı ilk günkü boyutlarını kaybetmeden günümüze ulaşabilmesinin sebebi, su moleküllerinin bozulmuş hücre yapısına sağladığı destektir. Kontrolsüz bir kurumaya maruz kalması engellenerek suya doymuş halinde muhafaza edildiği sürece ilk keşfedildiğindeki boyutlarını korumaktadır. Ancak atmosferik koşullar altına çıkartıldıktan sonra sürekli su içerisinde muhafaza edilmesinin de odun dokusuna uzun vadede zarar verici etkileri bulunmaktadır. Suyu doymuş ahşap konservasyonunda, ahşabın bünyesindeki su molekülleri uzaklaştırıldıktan sonra hücre duvarına onların yerine destek verecek kimyasal malzemeler emdirilerek boyutsal durağanlık

sağlanmaktadır. Eğer bu sağlamlaştırma işlemi yapılmazsa ahşapta geri dönüşü mümkün olmayan çökme ve çarpılmalar meydana gelmekte, arkeolojik buluntuların bütünlüğü ve anlamı kaybolmaktadır.

Yenikapı’da bulunan batıklardan 31 adedinin konservasyon çalışmaları, “İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sualtı Kültür Kalıntılarını Koruma Anabilim Dalı”nda Prof. Dr. Ufuk Kocabaş’ın başkanlığında sürdürülmektedir. Bu koleksiyona ait ve bulunduğu tabaka itibarıyla MS 10. yüzyıla tarihlendirilen Yenikapı 6, kıyı denizciliği yapmış küçük bir yük gemisi veya balıkçı teknesi olarak tanımlanmaktadır. Bu tez kapsamında suya doymuş ahşaplara sahip Yenikapı 6 batığının bozulma nedenleri araştırılmış ve konservasyon önerisi sunulmuştur.

Birinci bölümde Yenikapı Batıkları ve Suya Doymuş Ahşap başlığı altında, Yenikapı Kazılarının tarihçesi, görev alan kurumlar, kazı kapsamında gerçekleştirilen yayınlar ve bu tez çalışmasının konusunu olan Yenikapı 6 batığı hakkındaki bilgiler yer almaktadır. Ayrıca üzerinde çalışılan konu olan “suya soymuş ahşap konservasyonu” sürecini anlamlandırabilmek için bilinmesi gereken genel-geçer bilgiler anlatılmıştır. Ahşabın kimyasal, makroskobik ve mikroskobik yapısı hakkında temel bilgiler sunulmuş ve suya doymuş ahşap hakkında açıklamalar yapılmıştır. Ahşabın gömülü kaldığı süreçte bünyesinde meydana gelen bozulmaların başlıca etmenleri anlatılmıştır. Bölüm sonunda ise dünyada ve ülkemizde gemi elemanı gibi büyük ölçekli suya doymuş ahşaplarda kullanılmış konservasyon yöntemlerine dair bilgiler sunulmuştur.

İkinci bölümde Yenikapı 6 Batığı ahşaplarının incelenmesi başlığı altında, batığın suya doymuş ahşap elemanlarından örnek alımı, örneklerin muhafaza şartları, seçilen örnekler üzerinde gerçekleştirilen ahşap cins ve tür teşhisleri, belirlenen ağaçların genel özelliklerine değinilmiştir. Bozulma seviyesinin tespiti için maksimum su içeriği hesaplaması yapılmıştır. Seçilen örnekler el tipi XRF/X-Işını Floresans Spektrometresi ile analiz edilmiş ve kullanılacak sağlamlaştırma malzemesiyle olumsuz etkileşim yaratabilecek elementlerin tespit edilebilmesi amaçlanmıştır.

Üçüncü bölümde ise Yenikapı 6 Batığının bozulmuşluk durumunun değerlendirilmesi ve konservasyon önerisi başlığı altında, incelemelerde elde edilen verilerin değerlendirmesine yer verilmiştir. Ardından, literatürde yer etmiş büyük ölçekli suya doymuş ahşap konservasyonu çalışmalarından elde edilen bilgiler doğrultusunda Yenikapı 6 Batığı için uygun olduğu düşünülen yöntemlere dair öneriler sunulmuştur.



BİRİNCİ BÖLÜM

YENİKAPI BATIKLARI VE SUYA DOYMUŞ AHŞAP

1.1. Yenikapı Kurtarma Kazıları

İstanbul, binlerce yıllık tarihi boyunca farklı dönemlerde çeşitli kültürlerle ev sahipliği yapmıştır. Birçok tarihi alanı UNESCO Dünya Miras Listesi'ne alınan şehrin en önemli sorunlarından birisi şehir içi ulaşım olmuştur. Bu sorunun çözümüne yönelik olarak Asya ve Avrupa kıtaları arası İstanbul Boğazı'nın altından geçecek bir raylı taşıma sistemi projelendirilmiştir. Marmaray tren hattı ve istasyonlarından şehrin geri kalanına aktarmalı olarak ulaşım sağlayacak Metro projeleri başlatılmıştır. Proje kapsamında Avrupa yakasında Tarihi Yarımada sınırları içerisinde kalan Yenikapı ve Sirkeci'de istasyonların kurulmasına karar verilmiştir. Asya yakası istasyonları için ise köklü bir geçmişe sahip olan, aynı zamanda tarihi dokusuyla bilinen Üsküdar'da karar kılınmıştır. İnşa faaliyetleri öncesinde İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü uzmanlarınca gerçekleştirilen araştırma kazılarında arkeolojik buluntulara rastlanması sebebiyle bu alanlarda kurtarma kazılarının yürütülmesi ihtiyacı doğmuştur.

İlgili “Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulları” kararları doğrultusunda, “Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü”nün izinleriyle, İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü başkanlığında oluşturulan ekipler ile 2004 yılında kurtarma kazılarına başlanmıştır (Kızıltan, 2010: 1-2).

Yenikapı'da 58.000 m²'lik alanda kurulması planlanan iki istasyondaki çalışmalar, Marmaray alanında Taisei-Gama-Nurol'un (TGN) ve Metro alanında Yüksel Proje Uluslararası A.Ş.'nin mali ve idari sorumluluğunda, birbirinden bağımsız ancak paralel projeler olarak yürütülmüştür (Lykke ve Belkaya, 2005: 600-603). 2014 yılında Gama Holding tarafından yayımlatılan “Hayalden Gerçeğe Bir İstanbul Öyküsü: Marmaray” isimli kitapta projenin mühendislik detay bilgileri ile

birlikte kazı alanında gerçekleştirilen çalışmalara dair bilimsel makaleler yer almaktadır (Bkz. Baltaş ve Altun, 2014).

Şekil 1.1: Yenikapı kazı alanını gösteren hava fotoğrafı.



Kaynak: Kocabaş, 2010: 23.

2004 yılı Kasım ayında başlayan kazıların ilk altı ayında Osmanlı ve Geç Bizans dönemine ait ev ve bostan kalıntıları bulunmuştur. 2005 yılı Nisan ayında arkeologlar tarafından bölgenin gerçekten de literatür kaynaklarından bilinen Theodosius Limanı olduğunu doğrulayan, MS Geç 10. yüzyıla tarihlenen Yenikapı 1 batığı bulunmuştur. Aynı yıl ikinci bir batık gün yüzüne çıkmış ve böylece kazılar, çalışan uzman ve ekip üyesi sayısı artırılarak devam etmiştir. Bizans dönemine tarihlenen bu gemiler, Türkiye’de karada bulunan ilk batıklardır. Bu özelliği ile kazı alanı Avrupa’nın herhangi bir yerinde bu türdeki sayılı birkaç sit alanından biri olma özelliği taşımaktadır (Kocabaş, 2015b: 11; Baraldi vd., 2017: 7).

2005 yılında batık gemilerin ortaya çıkmasıyla birlikte İstanbul Üniversitesi kazı çalışmalarında yer almaya başlamış ve 2010 yılında Edebiyat Fakültesi'nde "Sualtı Kültür Kalıntılarını Koruma Ana Bilim Dalı" kurularak özellikle batık gemiler üzerinde gerçekleştirilen çalışmalara dair kurumsal bir kimlik kazandırılmıştır. Kazı alanından kaldırılan 37 batıktan 31 adedinin bilimsel çalışmaları, Prof. Dr. Ufuk Kocabaş başkanlığında Anabilim Dalında görevli gemi ve konservasyon uzmanları tarafından devam ettirilmektedir (Kocabaş vd., 2020: 16).

Yenikapı kazı alanı, deniz seviyesi altında kum, çamur, tortu (sediment) ve bataklık tabakalarından oluşan zorlu bir çalışma ortamıdır. Bu alan 13 m derinliğinde kültürel bir birikime sahiptir. Osmanlı döneminden başlayan, Bizans ve Neolitik döneme uzanan binlerce yıllık kültür katmanları mevcuttur. Kazı alanının deniz dolgusu olması, *Lykos* (Bayrampaşa) deresinin aktığı noktada bulunması, ayrıca kazılarda gözlemlenen taban suyunun yüksek düzeyi gibi nedenlerle oluşan koşullar başta ahşap olmak üzere birçok organik kalıntıya koruyuculuk sağlamıştır. Aynı zamanda bahsi geçen tarihsel dönemlere ait önemli kalıntı ve buluntuların günümüze ulaşmasında da önemli rol oynamıştır (Kocabaş vd., 2020: 17).

Theodosius Limanı'nda gerçekleştirilen kazılar jeo-arkeolojik çalışmalar için ideal ortam şartlarına sahiptir. Yaklaşık olarak 8000 yıllık süreçle oluştuğu belirlenen çökel istifi, Marmara Denizi ve İstanbul şehrindeki ortam değişimlerine ait bilgilerle birlikte çeşitli dönemlere ait kültür tabakalarındaki objeleri de içerisinde barındırmaktadır. Bu koşullar, Yenikapı kazılarında gerçekleştirilen jeo-arkeolojik çalışmalarla elde edilen bilgilerin Holosen dönem tarihçesindeki bir takım boşlukları doldurmasına vesile olmuştur. Bu sebeple son derece önem arz etmektedir (Algan vd., 2010: 175). Alandaki jeo-arkeolojik araştırmalar İÜ Edebiyat Fakültesi Prehistorya Anabilim Dalı'ndan Prof. Dr. Mehmet Özdoğan, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsünden Doç. Dr. Oya Algan, Jeoloji Fakültesinden Prof. Dr. Namık Yalçın, Kadir Has Üniversitesinden Prof. Dr. Yücel Yılmaz; 18 Mart Üniversitesi Jeoloji Bölümünden Prof. Dr. Doğan Perinçek ve ekip üyeleri tarafından sürdürülmektedir (Kızıltan, 2010: 11).

Yenikapı’da kazı çalışmaları boyunca çeşitli mimari kalıntılar ortaya çıkarılmıştır. Osmanlı Dönemine ait birden fazla mekân içeren büyük bir yapı grubu, bunun altında taş döşeme bir Osmanlı yolu, bostan ve su kuyuları bulunmuştur. Bizans Dönemine ait başta Theodosius Limanı ve liman kalıntıları arasında sayıları 20’nin üzerinde olan ahşap iskele ve 2 adet büyük ölçekli taş iskele kalıntısı, üç apsise sahip bir kilise ve kilise çevresinde özgün halini günümüze kadar koruyabilmiş 22 adet mezar bulunmuştur. 100 ada olarak isimlendirilen alanda, deniz surları, rıhtım, dalgakıran ve liman surlarının bir bölümü ortaya çıkmıştır. Alanda 12. yüzyıla ait ve çevresinde 11 adet mezar olduğu tespit edilen bir hipoje (yer altı mezarı) bulunmuştur. Neolitik Döneme tarihlendirilen, yan yana sıralanmış ve gruplar oluşturan mekânlardan oluşan bir yerleşim alanı da bulunmuştur. Bu tabakada dönem insanına ait yüzlerce korunmuş ayak izi, çakmaktaşı, işlenmiş ahşap objeler, kemikler ve çeşitli formlarda pişmiş toprak eserler de bulunmuştur. Bu yerleşim alanından elde edilen bilgiler, o dönem yaşamış insanlar, gömü gelenekleri ve mezarları, mimari teknikleri, ahşaptan yapılmış konut özellikleri gibi konular hakkında Anadolu arkeolojisi kapsamında bilinen ilk örnekleri oluşturmaktadır (Kızıltan, 2014a: 12-31).

Yenikapı kazı alanında binlerce arkeolojik hayvan kalıntısı da bulunmuştur. Bu kalıntılar, başta atlar olmakla birlikte; “katır, eşek, sığır, keçi, domuz, dağ keçisi, tavşan, tilki, köpek, kedi, geyik, deve, ayı, kuşlar, devekuşları, yunuslar, deniz kaplumbağaları, kaplumbağalar, bir fil ve primat (*Cercopithecidae* sp.) ve balıklara ait” hayvan iskeletlerini içermektedir. Bu kalıntılar üzerinde; dönemin hayvan popülasyonu, gözlenen hastalıkları ve anatomik-patolojik deformasyonlar, yaş, cinsiyet, hayvanların tüketim amaçlı kullanılıp kullanılmadığı ve hayvanların görünen morfolojik özellikleri ve benzeri gibi birçok soruya yanıt bulmayı amaçlayan çalışmalar yürütülmüştür. Örneğin, 2004 ve 2013 yılları arasında kazılarda çıkarılan 65.535 adet hayvan kemiği kalıntısından %25.7’sinin sığırlara ait olduğu belirlenmiştir. Bu denli fazla bulunan sığır kemiklerinin kaynağı ise *Lykos* deresinin Konstantinopolis’ten kasap atıkları ve ölü sığırları taşıyarak liman bölgesinde bırakması olarak yorumlanmıştır. Bu çalışmalar “İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Osteoarkeoloji Laboratuvarı”nda “Prof.

Dr. Vedat Onar” tarafından sürdürölmektedir (Onar vd., 2010: 224, Onar vd., 2013: 81, Onar vd., 2022: 765).

Alanda insanların geçmiş dönemlerde bitkileri kullanma şekillerini, tarımsal faaliyetlerini, çevresindeki bitki örtüsüne olan etkilerini ve bağlantılarını inceleyen bir bilim dalı olan arkeobotanik konusundaki incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bu alışmalar kazının 2005-2006 sezonunda, farklı derinliklerden, amfora ileri, batık alanları ve çeşitli sediment katmanlarından yaklaşık olarak 200 örnek alınmak kaydıyla, “Hacettepe Üniversitesi Arkeobotanik Laboratuvarı”nda yapılmıştır. Arkeobotanik çalışmaların sonucunda, Yenikapı botanik buluntularının çoğunun, insanların költüre olarak yetiştirdiği, Anadolu’da daha önceki dönemlerde bulunmuş eski gemi batıklarında da rastlanılan bitki buluntularıyla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir (Oybak-Dönmez, 2010: 233, 234; Kızıltan, 2014a: 23).

2004 yılında Yenikapı’da başlayan kurtarma kazıları 2014 yılı itibariyle tamamlanmıştır (Kızıltan, 2014a: 12). Yenikapı kazıları, İstanbul’un tarihi limanı Theodosius başta olmak üzere, Bizans-Roma dönemi batık gemileri, Neolitik, Yunan ve Roma, Bizans ve Osmanlı olmak üzere birçok döneme tarihlenen geniş yelpazedeki küçük buluntuları içermektedir. Mimari kalıntıları ve bugünden 8000 yıl öncesine kadar giden költürel yerleşimlere ait tabakalarla oldukça zengin bir bilgi arşivi elde edilmesini sağlamış ve bilim dünyasında son zamanlarda gerçekleştirilen en önemli kazılardan biri olarak yerini almıştır (Kızıltan, 2014b: 57).

Yenikapı’da gerçekleştirilen kurtarma kazılarına dair birçok bilimsel makale ve yayın ile birlikte detaylı bilgi ve görselleri içeren kitaplar da bulunmaktadır. Kazı alanından çıkartılan buluntular için ilk sergi 2007 yılı Haziran ayında “İstanbul Arkeoloji Müzeleri”nde “Gün Işığında: İstanbul’un 8000 yılı. Marmaray, Metro ve Sultanahmet Kazıları” ismiyle açılmıştır. Sergiye ait buluntuların detay bilgilerini içeren katalog aynı sene, sergi ismi ile Vehbi Koç Vakfı tarafından yayımlanmıştır (Bkz. Karamani-Pekin, 2007). Kurtarma kazıları kapsamında yürütölen çalışmalar 2008 yılı 5-6 Mayıs tarihlerinde gerçekleştirilen “İstanbul Arkeoloji Müzeleri 1. Marmaray-Metro Kurtarma Kazıları Sempozyumu”nda bilim dünyası ile paylaşılmıştır. Sempozyumda sunulan bildiriler, Prof. Dr. Ufuk Kocabaş’ın

editörlüğünde kitap haline getirilerek, 2010 yılında İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü tarafından yayımlanmıştır (Bkz. Kocabaş, 2010). Daha sonra 2013 yılında açılan “Saklı Limandan Hikayeler: Yenikapı Batıkları” sergisinde 2004 yılından o güne kadar gün ışığına çıkartılan arkeolojik buluntularla, Bizans dönemindeki ticaret, gemi yapım teknikleri, batıklar ve yükleri ile ilgili elde edilen bilgilerin toplumla buluşması sağlanmıştır. Aynı yıl sergi ismini taşıyan katalog, İstanbul Arkeoloji Müzeleri yayını olarak çıkartılmıştır (Bkz. Öztekin, 2013). 2014 yılında ise İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü, 2004 yılından 2014 yılına dek süren kazılara dair bilgileri ve kazı sırasında çekilen fotoğrafları “Fotoğraflarla Kazı Günlüğü (2004-2014) İstanbul Marmaray - Metro Ulaşım Projesi Arkeolojik Kazıları” isimli kitapta yayımlamıştır (Bkz. Kızıltan ve Asal, 2014).

1.2. Yenikapı Batıkları

Yenikapı kurtarma kazıları kapsamında Theodosius Limanı’nda ortaya çıkarılan, 5. ve 11. yüzyıllar arasına tarihlendirilen 37 adet gemi kalıntısı, ülkemizde ilk kez kara kazılarında ortaya çıkarılan batıklar olma özelliği taşımaktadır. Batıklardan sadece dört tanesi taşımış olduğu yük ile birlikte bulunmuştur. Tarihlendirmede bulundukları kültür tabakaları ve kalıntılar değerlendirilmiş ayrıca bugüne kadar sekiz adet geminin radyokarbon analizleri “Oxford Üniversitesi, *Oxford Radiocarbon Accelerator Unit (ORAU)*” tarafınca gerçekleştirilmiştir (Kocabaş, 2015b: 157). Bu keşif Bizans Dönemi denizciliği ve gemi yapım teknolojilerine dair eşsiz bilgilere erişilmesine olanak sağladığından oldukça önem taşımaktadır. Batıklar, dünya çapında en geniş ölçekli Orta Çağ gemi koleksiyonunu oluşturmakla birlikte alanında son zamanlarda gerçekleştirilen en önemli projelerden biri olarak görülmektedir. Yenikapı kazılarında gün yüzüne çıkarılan ve sualtı arkeoloji çalışmaları sırasında diğer tekne tiplerine göre çok daha ender karşılaşılan kadirgalar, Akdeniz Dünyası’nda bu döneme ait ilk arkeolojik bulguların elde edilmesini sağlamıştır (Kocabaş, 2010: 25; Kocabaş vd., 2020: 27).

Kazı alanında 2005 yılında batık gemilerin ortaya çıkmasıyla, İstanbul Arkeoloji Müzeleri bunlar üzerinde gerçekleştirilecek bilimsel çalışmalar kapsamında İstanbul Üniversitesi ve Texas A&M Üniversitesiyle birlikte ortak bir

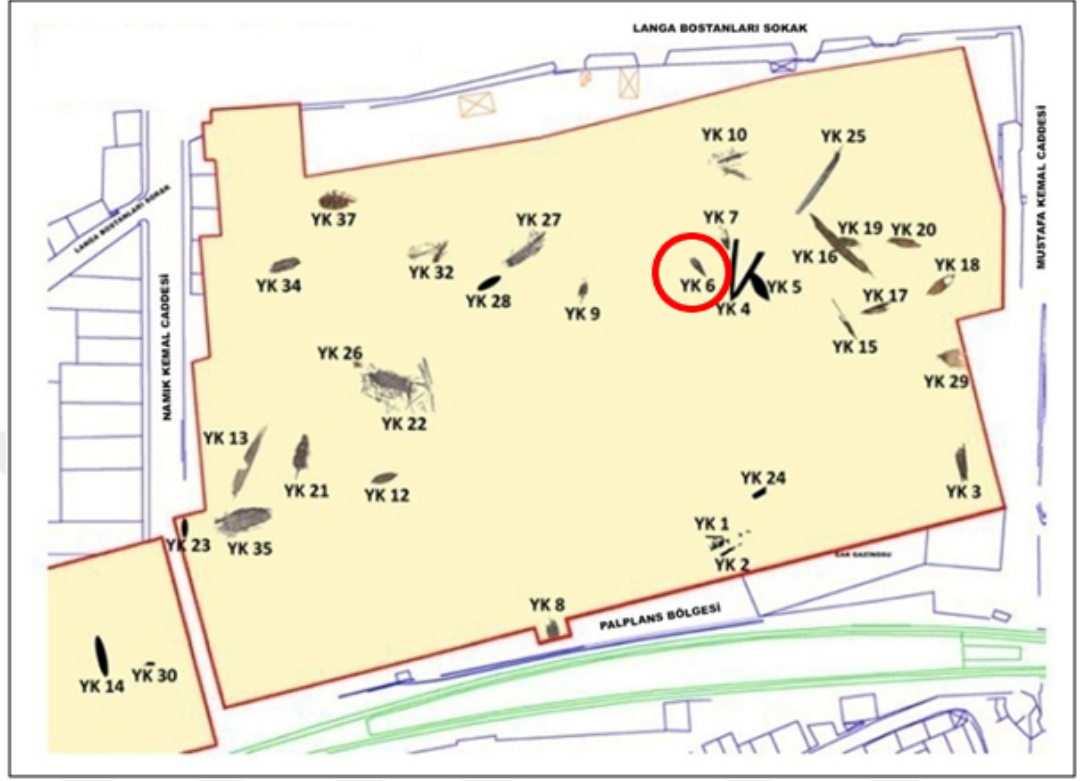
proje yürütmeye başlamıştır. İstanbul Üniversitesi toplam 29 batık, Sualtı Arkeoloji Enstitüsü (INA) toplam 8 batığın *in situ* belgeleme ve araziden kaldırılması süreçlerini gerçekleştirmiştir (Kocabaş, 2015b: 140-141).

İstanbul Üniversitesi, batık gemi kalıntılarıyla birlikte ele geçen suya doymuş ahşapların konservasyonu ve restorasyonu için iki laboratuvar kurmuştur. Türkiye'nin ilk "Gemi Konservasyon ve Reskonstrüksiyon Laboratuvarı" kimya şirketi olan BASF Türk'ün desteği ile 2007 yılı itibariyle üniversite bünyesinde hizmete girmiştir. Kazı alanında ortaya çıkan batık sayısının artmasıyla birlikte ekibin gerekli belgeleme çalışmalarını sürdürebileceği ve ahşapların konservasyon işlemlerinin gerçekleştirileceği daha büyük bir mekân ihtiyacı doğmuştur. Bu doğrultuda İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından toplam 2.300m² alan tahsis edilmiş ve "İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı" kurulmuştur (Başaran vd., 2008: 192-193). Laboratuvarda ilki 2,5 m uzunlukta ve 90 cm çapında; ikincisi 8,5 m uzunlukta ve 2,10 m çapında olmak üzere iki adet vakumlu dondurarak kurutma cihazı bulunmaktadır. Hazne kapasitesi olarak ikinci cihaz Avrupa'nın en büyük vakumlu dondurarak kurutma makinesi olmuştur. Bu sayede büyük boyutlu ahşaplar tek parça halinde işleme alınabilmektedir (Kocabaş vd., 2020: 43). İstanbul Üniversitesi "Sualtı Kültür Kalıntılarını Koruma Ana Bilim Dalı" ile ülkemizde bu konuda akademik olarak sunulan ilk eğitimin başlatılmasını sağlamıştır (Kocabaş, 2015a: 9).

Arazide ve sonrasında yapılan çalışmalara bakıldığında kazılar sırasında İstanbul Arkeoloji Müzelerinden sonra en büyük sorumluluğu üstlenen ekibin İstanbul Üniversitesi'ne ait olduğu görülmektedir. Prof. Dr. Ufuk Kocabaş'ın proje direktörlüğünü yürüttüğü ekipte İstanbul Üniversitesi akademisyenleri, tam ve yarı zamanlı uzmanlar, lisans ve lisansüstü eğitimlerine devam eden öğrenciler yer almaktadır. Bizans dönemine tarihlendirilen ve döneminin gemi yapım teknolojisine dair eşsiz bilgiler sunan batıklar üzerinde bilimsel çalışmalar yürütülmektedir (Kocabaş, 2020). Bu ekibin gerçekleştirdiği disiplinler arası çalışmalar, kitaplar, bilimsel makale ve tezler olarak literatürde yerini almıştır.

Yenikapı Batıklarına dair gerçekleştirilen çalışmaların teknik detaylarını ve elde edilen bulguları içeren “Yenikapı Shipwrecks/Yenikapı Batıkları” isimli geniş kapsamlı bir kitap serisi oluşturulmuş ve Ege Yayınları aracılığı ile yayımlanmıştır. Serinin ilk kitabı “*The Old Ships of the New Gate/Yenikapı’nın Eski Gemileri*” ismiyle 2008 yılında Prof. Dr. Ufuk Kocabaş editörlüğünde hazırlanarak çıkartılmıştır (Bkz. Kocabaş, 2008). Kitap, Theodosius Limanı’nın tarihçesi, gemilerin batışı, belgeleme ve demonte aşamalarının teknik detayları, gemi yapım teknolojisine dair ön değerlendirmeler ile Türkiye’nin ilk “ulusal gemi konservasyon ve rekonstrüksiyon laboratuvarı”nın tanıtılması ve daha bir çok teknik bilgiyi içermektedir. 2015 yılında yayımlanan, serinin ikinci kitabı olan “*Woods of Yenikapı Shipwrecks/Yenikapı Batıklarının Ahşapları*”nda Prof. Dr. Ünal Akkemik tarafından gerçekleştirilen batıklara ait ahşap cins/tür tespit yöntemleri ve teşhis sonuçları her bir batık için detaylarıyla anlatılmaktadır (Bkz. Akkemik, 2015). 2022 yılında ise serinin üçüncü kitabı olarak Doç. Dr. Işıl Özsait-Kocabaş’ın yazarlığında “*Yenikapı 12: An Early Medieval Merchantman/Erken Orta Çağ Ticaret Teknesi*” yayımlanmıştır. Yenikapı 12 batığının kazı, belgeleme, konstrüksiyon ve teknolojisine dair oldukça detaylı bilgilerin yer aldığı kitapta ayrıca teknenin Akdeniz gemi inşa geleneğindeki yerine dair önemli değerlendirmeler de bulunmaktadır (Bkz. Özsait-Kocabaş, 2022). Aynı yayınevinden 2015 yılında Prof. Dr. Ufuk Kocabaş yazarlığında “Geçmişe Açılan Kapı: Yenikapı Batıkları” isimli kitap çıkartılmıştır (Bkz. Kocabaş, 2015b). Kitap içerisinde Yenikapı’da geçirilen on yılın hikâyesinin kaleme alınmış olmasıyla birlikte üzerinde çalışılan her bir batığın teknik bilgileri yer almaktadır. Fotoğraflar, çizimler ve batıklar içerisinde bulunan bazı küçük buluntuların bilgileri ile konservasyon çalışmaları anlatılmaktadır.

Şekil 1.2: Batıkların kazı alanındaki konumları.



Kaynak: Kocabaş vd., 2020: 26.

Yenikapı batıkları iki ana gruba ayrılmaktadır; bunlardan ilki olan ticaret gemileri grubunda 31 adedi yer almaktadır ve boyutlarına göre küçük, görece orta ve büyük olarak sınıflandırılmaktadır. İkinci grubu kadirgalar oluşturmaktadır, burada yer alan 6 adet batık kalıntısı ise sualtı arkeoloji çalışmalarında oldukça nadir rastlanıldığından ayrı bir öneme sahiptir. Bizans donanması tarafından kullanılmış bu kadirgalar; yapım teknolojisi, tasarımları ve kullanılan ahşap cinslerinden ötürü ticaret gemilerinden farklı özelliklere sahiptir, ayrıca kategorisinde bugüne kadar bulunmuş ilk örneklerdir (Kocabaş vd., 2020: 27-28).

Arazide gerçekleştirilen çalışmalarda batıklar üzerinde planlanan işlemlere geçilmeden önce her birinin etrafına çalışma alanı da sağlayacak boyutta çadırlar kurulmuştur. Bu çadırların içi batık ahşaplarının ıslaklığını koruyabilmesi için atomize su püskürtme sistemi ile donatılmıştır (Şekil 1.3).

Şekil 1.3: Yenikapı 6 batığı ve çadır içerisinde atomize su püskürtme sistemi.



Kaynak: Özsait-Kocabaş, 2008: 42.

Ortam şartları uygun hale getirildikten sonra yüzey temizliği, yerinde *in situ* belgeleme ve kaldırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Belgeleme çalışmalarında her bir gemi elemanına tek tek isim verilmiş ve üzerlerine etiketler yerleştirilmiştir. Daha sonra yüzeyde görülen tüm detaylar batık üzerine asetat serilerek birebir ölçekli işlenmiştir. Bu çalışmalar sırasında eş zamanlı olarak genel ve detay fotoğraf çekimleri yapılmıştır. Ayrıca batıklar üzerine özel olarak kurulan raylı bir sistem ile çekilen fotoğraflar daha sonra bilgisayar ortamında fotomozaik tekniğinde birleştirilerek yüksek çözünürlüklü görseller elde edilmiştir. Her bir gemi elemanı için el ile yapılan belgeleme adımları tamamlandıktan sonra *Total Station* cihazı kullanılarak gerçek ölçekli üç boyutlu görüntülerin oluşturulması süreçleri devam etmiştir. Batıklarda belgeleme işlemlerinin tamamlanmasının ardından demonte edilerek yerinen kaldırma aşamasına geçilmiştir. Suyu doymuş ahşapların hassas yapısı düşünülerek ve kaldırma esnasında mevcut formu korumak amacıyla negatif kalıp yöntemi, L profilli taşıyıcı yöntemi, kaldırmada epoksi ile destekleme, kütle

halinde kaldırma ve hamburger yöntemi gibi çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Farklı şekillerde yerinden kaldırılan ahşaplar özel olarak inşa edilen paslanmaz çelik içi su dolu havuzlara taşınmış ve konservasyon işlemleri başlayana kadar burada muhafaza edilmiştir (Kocabaş ve Yılmaz, 2008; Özsait-Kocabaş, 2008).

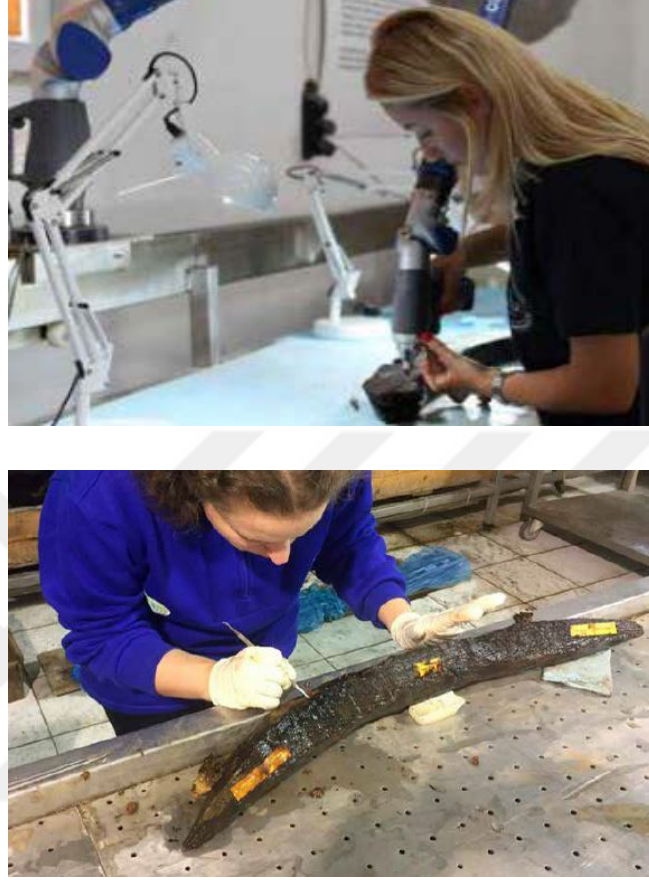
Şekil 1.4: Yenikapı 6 Batığı kaplamalarının negatif kalıp yöntemi ile kaldırılması.



Kaynak: Kocabaş vd., 2020: 33.

Ahşapların belgelenmesi “İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı”nda devam etmiştir. Laboratuvar 300 m² kapalı ve 2000 m² açık alana sahiptir. Kapalı alanda ahşap elemanların yıkama işlemi, temizlenmesi ve geçici olarak depolanabilmesi için bir adet su havuzunun da bulunduğu ıslak alanın yanı sıra el çizimi, görsel değerlendirme, bilgisayar destekli çizimler, veri depolama ve benzeri çalışmalar için kuru alan da bulunmaktadır. Açık alanda ise üzerleri çatı ile kapatılmış paslanmaz çelik havuzlar bulunmaktadır. Türkiye’de arkeolojik çalışmalarda ilk defa Yenikapı Batıkları Projesinde kullanılan *FaroArm* (üç boyutlu dijitalleştirme cihazı) ile ahşapların kesit ve plan görüntüleri ile tüm yüzey özellikleri kayıt altına alınmıştır (Kocabaş, 2015b: 155-156).

Şekil 1.5: Laboratuvar ortamında belgeleme ve konservasyon çalışmaları.



Kaynak: Kocabaş vd., 2020: 38, 40.

Kazı alanında gerçekleştirilen belgeleme çalışmaları ve görsel tanımlamaları içeren notlar daha sonra laboratuvar ortamında elde edilen ekstra detaylı dijital belgeleme verileriyle birleştirilmiş ve ortaya eşsiz bir veri bankası çıkmıştır. Bu veri bankasında her bir batıkta tüm elemanlar için yapılmış üç boyutlu çizimler, ölçümler, yüzeydeki alet izi gibi detaylar, kurt yenikleri, macun kalıntıları, çiviler, korozyon lekeleri ve mevcut durumunu tanımlayan daha birçok detay bilgi bulunmaktadır (Özsait-Kocabaş, 2008).

1.3. Yenikapı 6 Batığı

Batığın iskele ve sancak karinası günümüze kadar ulaşabilmiştir. Kalıntısının uzunluğu 6,2 metre, karinasında en geniş yeri 1,9 metre ölçülmüştür. Özgün boyunun yaklaşık 8 metre, genişliğinin ise 2,5 metre olduğu belirlenmiştir.

Kazı alanındaki 6 numaralı sediment istifi içerisinde kuzey güney yönünde ve -1 metre kodunda bulunmuş olan batık, bulunduğu tabaka itibari ile MS 10. yüzyıla tarihlendirilmektedir. Yenikapı 6; tek bir direğe, yan yelken donanımına ve düz bir karinaya sahiptir. Kıyı denizciliği yaptığı düşünülen küçük bir yük veya balıkçı teknesi olarak tanımlanmaktadır. Ahşapları üzerinde gerçekleştirilen incelemelerde teknenin döşek ve kaplamalarında onarım, ekleme ve aşınmalar tespit edilmiştir, bu durum teknenin uzunca bir süre kullanılmış olduğuna işaret etmektedir. Omurgası, baş bodoslamasının bir kısmı, sağ tarafında 8 sıra sancak ve sol tarafında 8 sıra iskele kaplaması, farklı boyutlardaki 26 adet eğrisi bulunmaktadır. Ayrıca yalpa omurgası ve yelken yatağı da günümüze kadar korunarak gelebilmiş gemi elemanlarıdır. İçerisinde herhangi bir yük veya başka aksamı bulunmamıştır (Özsait-Kocabaş ve Kocabaş, 2008: 103-104; Kocabaş, 2015b: 65).

Şekil 1.6: Yenikapı 6 batığının kısmi kütle kaldırma çalışmaları.



Kaynak: Kocabaş ve Yılmaz; 2008: 89, 90.

Yenikapı 6, 2006 yılında 10 Mart ve 13 Mayıs tarihleri arasında belgelenerek araziden kaldırılmıştır (Özsait-Kocabaş ve Kocabaş, 2008: 104). Yenikapı 6'nın omurgası ve omurgasına bağlı haldeki altı adet kaplaması kütle

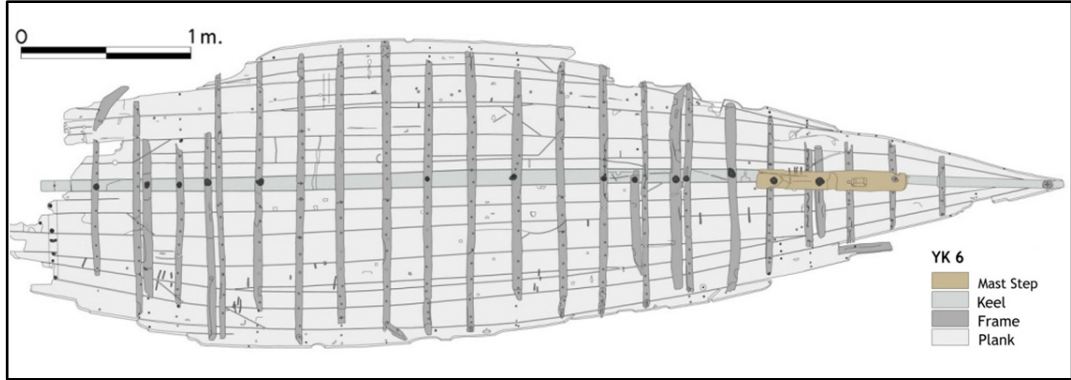
halinde kaldırma yöntemiyle, diğer kaplamaları negatif kalıp yöntemi ile kaldırılmıştır (Kocabaş vd., 2020: 32, 35).

Şekil 1.7: Yenikapı 6 batığı (a: arazide, b: fotomozaik).



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Proje arşivi.

Şekil 1.8: Yenikapı 6 gemi elemanları.



Kaynak:İÜ Yenikapı Batıkları Proje arşivi.

Teknenin yelken yatağı üzerindeki ıskaça deliği, kare yelkenin farklı çeşidi olan yan yelken donanımının kullanılmış olmasına işaret etmesinden dolayı ayrı bir öneme sahiptir. Yalpa omurga ise tüm batıklar içerisinde sadece Yenikapı 6 ve Yenikapı 7’de ele geçmiştir. Kaplama tahtalarının birleştirilmesinde kavela kullanılmış olan teknede su geçirmezliği sağlamak amacıyla Kolophon reçinesinden üretilmiş olduğu düşünülen bir macun kullanılmıştır (Kocabaş, 2015b: 65). Yenikapı 6 elemanlarına ait dijital çizimler ve gemi yapım tekniğine dair incelemeler Can Ciner tarafından Doç. Dr. Işıl Özsait-Kocabaş danışmanlığında “Yenikapı 6 Batığı Rekonstrüksiyon Önerisi ve İnşa Teknikleri” başlığı altında İÜ Sualtı Kültür Kalıntıları Koruma Anabilim Dalı’nda doktora tez konusu olarak çalışılmaktadır (Kocabaş, 2015b: 67).

Yenikapı Batıkları Projesi’nde başladığı ilk günden itibaren çok sistematik bir çalışma yürütülerek, araziden kaldırılan tüm batıkların her bir elemanı detaylı olarak incelenmiş ve belgelenmiştir. Tek bir elemana ait onlarca sayfayı bulan detaylı notlar, ölçümler, çizimler ve görseller sayesinde birçok teknik bilgiye ulaşmak mümkün olmuştur. Proje kapsamında düzenlenen laboratuvar notları incelendiğinde, suya doymuş ahşap konservasyon malzemeleriyle etkileşim içerisine girerek bozulmalara sebep olabilen metal elementlerin de kaynağına dair bilgiler edinilmiştir.

Yenikapı 6'nın eğri sistemine dair 2010 ve 2011 yıllarında laboratuvar ortamında gerçekleşen belgeleme sırasında alınan notlar incelenmiştir. Ahşapların yüzeylerindeki kurt yenik kanalları, alet ve testere izleri, kırık ve çatlaklar, yüzey lekeleri, korozyon lekeleri ve benzeri birçok bilginin yer aldığı görülmektedir. Bunlarla birlikte üzerlerinde bulunan ahşap çivi ve çoğunluğu demir alaşımı olan metal çivilerin de detaylı bilgileri bulunmaktadır. Örneğin; dış yüzeyinden mezura ile ölçüm yapılarak uzunluğu 1,78 m olarak kaydedilen E8 üzerinde 31 adet çivi olduğu, bunların 19 tanesinin ahşap 12 tanesinin ise metal olduğu bilgisi mevcuttur. Bu gibi bilgilere bakıldığında korozyona karşı dayanımı düşük olan demir çivilerin gemi yapımı sırasında ahşaplar üzerinde ne kadar sık aralıklarla kullanıldığı görülmektedir. Her bir parça üzerinde gerçekleştirilmiş ve her bir çivi için tek tek alınan notlar incelenmiştir.

Şekil 1.9: Yenikapı 6 Batığı eğri elemanlarında korozyon tabakaları.



Kaynak:İÜ Yenikapı Batıkları Proje arşivi.

Demir çivilerin birçoğunun ileri derecede korozyona uğramasından ötürü formunu kaybettiği bilgisiyle birlikte uzunluk ve çap ölçüleri de notlarda yer almaktadır. Ayrıca bu çivilerin etrafında ahşap dokuda gözle görülen korozyon tabakalarının da genişlikleri ölçülmüştür. Ahşabın gözenekli dokusu tarafından bünyesine emilmiş korozyon ürünlerinin 4 cm'yi bulan ve bazen daha da geniş

alanları kaplayan mevcudiyetleri söz konusudur (Şekil 1.9). Elde edilmiş olan tüm bulgular, ileri teknik çizim yöntemleriyle üç boyutlu belgelemesi gerçekleştirilen her bir gemi elemanı üzerine işlenerek kaydedilmiştir.

Demir çivi yerlerinin çizimler üzerinde gösterilmesine örnek olarak E18'in teknik resmini verebiliriz (Şekil 1.11). Tezin bu bölümünde genel hatlarıyla bahsedilmiş belgeleme çalışmaları sayesinde eşsiz bir veri arşivi ortaya çıkartılmış ve geriye dönük tüm teknik detaylara ulaşılması mümkün olmuştur.

Yenikapı 6 batığı eğri sistemine ait elemanlarında 6 ile 16 adet arasında değişen miktarlarda ve 26 adet eğri üzerinde toplam 263 tane metal çivi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yelken yatağı üzerinde 5 adet metal çivi tespit edilmiştir. Eğrilerin üzerine sabitlenmesi için kullanılan demir alaşımlı metal çiviler, omurga üzerinde de belirli aralıklarla korozyon tabakalarının oluşmasına sebep olmuştur (Şekil 1.8). Eldeki bilgiler değerlendirildiğinde günümüze kadar korunarak gelebilmiş mevcut uzunluğu 620 cm ve genişliği 190 cm olan bu küçük teknenin ahşaplarında birim alana düşen korozyon ürünleri miktarı oldukça fazladır.

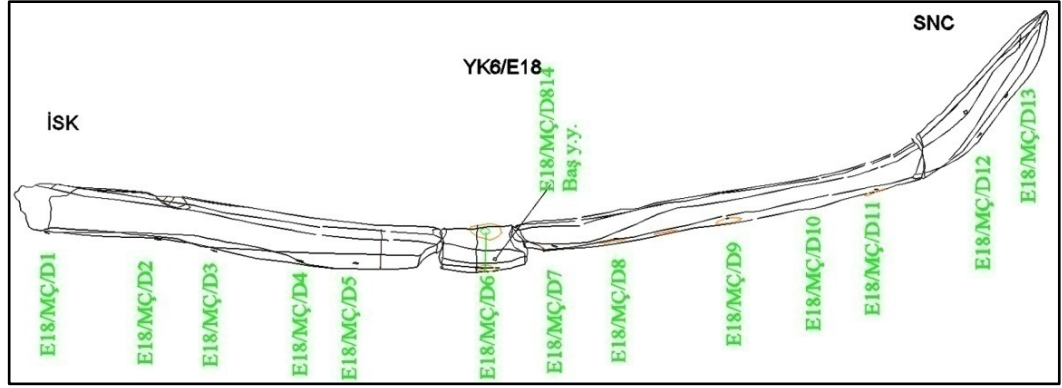
Şekil 1.10: Yenikapı 6 batığı omurga elemanlarında korozyon tabakaları.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi arşivi.

Şekil 1.10'daki fotoğraflarda alt ve üst yüzey karşılaştırıldığında metal çivilerin sebep olduğu korozyon tabakalarının alt kısımlarda yoğun olduğu görülmektedir.

Şekil 1.11: Yenikapı 6, E18 üzerindeki metal çivi yerlerini gösteren teknik çizim.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi arşivi.

1.4. Suya Doymuş Ahşap

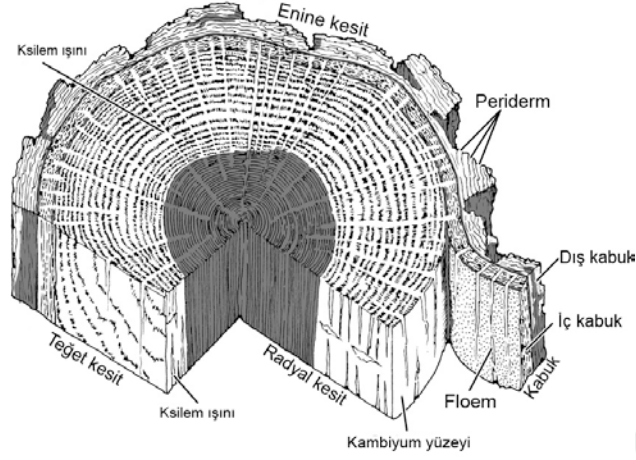
Arkeolojik kazılardan ve batıklardan çıkarılan ahşap buluntular çoğunlukla nemli toprakta, bataklıklarda, göller veya denizlerde yüzlerce yıl kalmış objelerdir. Böyle eserlerde ahşabın rutubeti, lif doygunluğu noktasının ($LDN=\%30$) çok üzerine çıktığı için bu ahşaplar ıslak veya suya doymuş ahşap olarak tanımlanmaktadır (Erdin, 2009: 215).

Suya doymuş ahşap malzemeyi anlamak için odun anatomisine, hücre duvarı bileşenlerinin kimyasal yapısına ve bunlarda meydana gelen bozulmaların kaynaklarına dair bilgi sahibi olmak gerekmektedir.

1.4.1. Ahşabın Yapısı

Ahşabı genel olarak ağaç gövdelerini oluşturan odunların işlenmesiyle elde edilen malzemeler olarak tanımlamaktayız. Bu bağlamda, ahşap malzemenin yapısı demek aynı zamanda odun yapısı demektir (Şekil 1.12). Odun, birlikte hareket edebilen birçok kimyasal ve hücre tipini içeren oldukça karmaşık bir biyolojik yapıdır. Bu karmaşık yapı, canlı bitki veya ağaçlarda suyu köklerden yapraklara iletmek, gövdeyi mekanik olarak desteklemek ve ihtiyaç duyulan biyokimyasalları depolamak üzere milyonlarca yıl boyunca evrimleşerek bugünkü haline gelmiştir (Wiedenhoeft, 2010: 1).

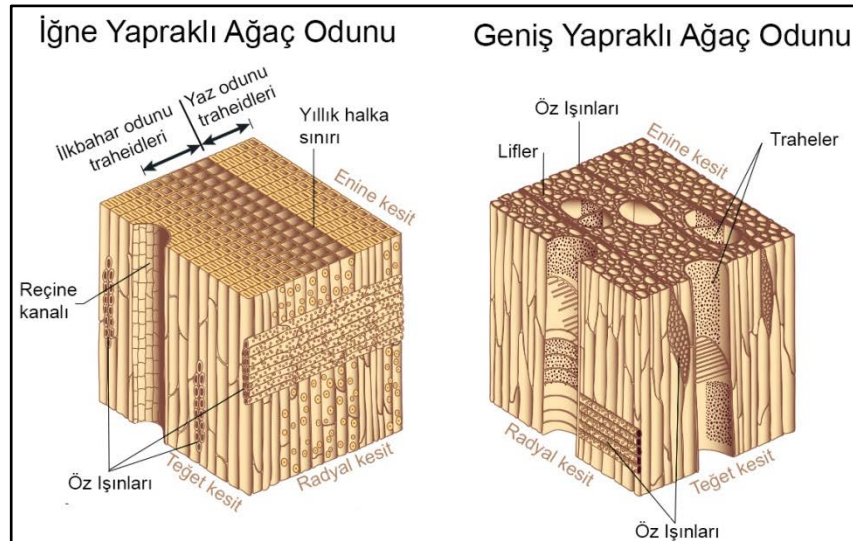
Şekil 1.12: Ağaç gövde kesitinin görünüşü.



Kaynak: Newsom, 2022: 10.

Makroskobik ve mikroskobik yapısına bakıldığında odunda; kesiş yönlerine göre değişen, öz, yıllık halkalar, öz ışınları, boyuna paransimler, reçine kanalları, traheler, traheidler, yıllık halka sınırı, öz lekeleri, diri ve öz odun, kabuk ve odunun rengi gibi unsurlar tanımlayıcı olarak değerlendirilmektedir. Bu unsurlar genel olarak ahşabın elde edildiği iğne yapraklı ağaçlar (gymnosperm) ve geniş yapraklı ağaçların (angiosperm) anatomik yapısında farklılıklar göstermektedir (Akkemik, 2022: 27). Bu ayrıcı özellikler Şekil 1.13’de görülmektedir.

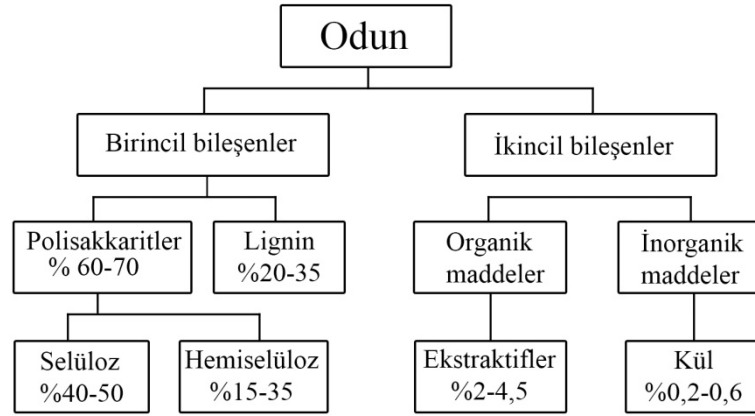
Şekil 1.13: İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç odunlarının yapısı.



Kaynak: Chen vd., 2020: 646.

Odunun kimyasal yapısı genel olarak selüloz, hemiselüloz, lignin, kül-mineral ve hücresel yapıda form bulmuş ekstraktif maddelerden oluşmaktadır. Odun bileşenlerinin karakteristik özellikleri, miktarları ve hücresel yapılardaki farklılıkları ahşabı çeşitlendirmektedir.

Şekil 1.14: Odun bileşenlerinin yüzdesel dağılımı.

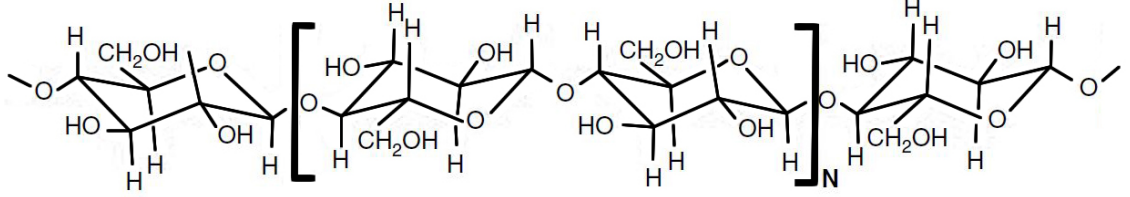


Kaynak: Unger vd., 2001: 16.

Selüloz, bir ağacın hücre bileşenlerinin en temel parçası olarak kabul edilen polisakkarittir. Aynı zamanda bitkilerde, yosunlarda ve bazı tür mantarlar da dâhil olmak üzere bunların hücre duvarlarını oluşturmaktadır. Lineer bir yapıda olan selüloz, anhidrid glukozlardan oluşmaktadır. Anhidrid glukozların her defasında 180 derece dönerek bir diğeriyle bağlanması sonucu kimyasal formülü $(C_6H_{10}O_5)_N$ olarak gösterilen selüloz oluşmaktadır (Şekil 1.15). Bu polimerizasyon olayında (N) değeri polimerizasyonun katsayısını ifade etmektedir. Odun hücrelerinin sekonder çeper yapısında ortalama 10.000 polimerizasyon değerinde bulunan selüloz, 5 µm uzunluğunda olmakla birlikte, primer çeperdeki selüloz 2000-4000 arasındaki polimerizasyon değerinde bulunmaktadır. Su molekülü, selüloz üzerinde yer alan hidroksil gruplarına hidrojen köprüleri ile bağlanabilmekte ve bitişik zincirlerin arasına girerek onları birbirinden ayırabilme özelliği sergilemektedir. Böyle bir durumda hücre çeperinin yapısında daralma veya genişlemeler oluşmaktadır. Hücre çeperini oluşturmak için 37 ile 42 adet arası paralel şeritler oluşturacak biçimde bir araya gelen selülozun zincir moleküllerine fibril denilmektedir. Fibrillerin çok sayıda birleşmesi ile oluşan yapıya ise mikrofibril adı verilmektedir. Mikrofibriller odunda

çekme direncini sağlayan oluşumlardır. Amorf bölgelerinde çok sayıda hidroksil grubu bulundurmasından ötürü selüloza higroskopik bir özellik kazandırarak su emilimine imkân sağlamaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000: 67-68).

Şekil 1.15: Selüloz polimerinin yapısı.



Kaynak: Rowell vd., 2012: 38.

Hemiselüloz, selüloz gibi polisakkarit grubundadır ancak polimer başına selülozdan çok daha az sayıda monosakkarit birimine sahip kısa zincirlerden oluşmaktadır. Hücre duvarını destekleyen malzeme olarak selülozla birlikte neredeyse tüm bitki hücrelerinde bulunmaktadır. 100 ile 200 arasında monosakkaritten oluşan hemiselüloz, selüloz gibi lineer değil dallanan, rastgele ve amorf ancak kristal olmayan bir yapıya sahiptir. Alkali ve asidik hidrolize karşı dirençleri çok zayıftır. Hemiselülozlar, tekrarlayan birimleri aynı monomer tipinde olmadığı için bir heteropolimer olarak kabul edilmektedirler. Bu sebeple tanımlamaları yapılırken polimerlerinde en çok yer alan monosakkaritlere bakılmaktadır. Genellikle ksilan, manan, ksiloglukan ve galaktanlar olarak dört genel grupta sınıflandırılmaktadırlar (Pournou, 2020: 17-18).

Lignin, selüloz ve hemiselülozu bir arada tutarak ağacın büyüme ve uzama sürecindeki gerekli sertlik ve bükülmezliği sağlamaktadır. Lignin organik kompleks bir polimerdir ve termoplastik özelliğe sahiptir. Selüloz gibi karbon ve hidrojenlerden oluşmaktadır ancak karbonhidrat sınıfına giren bir bileşik değildir. Odun dokusunda hücreler arasında ve çeperlerde bulunan lignin, hücrelere sertlik verme ve basınç dayanımını artırmanın yanında hücrelere hidrofobik özellik de kazandırmaktadır. Polimerinde yer alan hidroksil grupları su molekülü ile bağ oluşturmadığından higroskopikliği azaltmada önemli rol oynamaktadır (Bozkurt ve

Erdin, 2000: 69). Polisakkaritlerin iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç odunlarındaki değişken içerik miktarları Tablo 1.1’de görülmektedir.

Tablo 1.1: İğne ve geniş yapraklı ağaç odunlarında polisakkarit ve lignin içeriği.

Hücre Çeper Bileşenleri	İğne Yapraklı Ağaçlar (%)	Geniş Yapraklı Ağaçlar (%)
Selüloz	45-50	40-45
Hemiselüloz	15-20	20-30
Lignin	25-30	20-25

Kaynak: Erdin, 2009: 21.

Odunda bulunan inorganik maddelere kül mineraller denilmektedir, bunlar odunun kuru ağırlığının % 0,1-0,5’lik kısmını oluşturmaktadır. Kül minerallerin yaklaşık %70 kadar bir kısmını kalsiyum, potasyum ve magnezyum oluşturmaktadır. Az miktarlarda sodyum, demir, kükürt, fosfor, silisyum, klor, alüminyum ve lityum da bulunmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000: 74). Ekstraktif maddeler, ahşaptan organik çözücüler, su veya damıtma yolu ile çıkartılan odun bileşenleridir. Miktarları genellikle %5-10 arasında değişmektedir. Hücre duvarı bileşenlerine nazaran çok daha düşük oranda bulunmalarına rağmen her ağaç türünü kimyasal olarak karakterize edebilecek kadar çeşitlidirler. Ekstraktif maddeler ahşabın rengine, kokusuna ve dayanıklılığına dair etki etmektedir. Ayrıca ahşabın hamur hale getirilmesine, kurumasına, yapışmasına, nem çekici özelliğine ve akustik özelliklerine de etki etmektedirler. Pek çok ekstraktif madde yüzyıllar boyunca ilaç ve ilaç bileşen kaynağı olarak da kullanılmışlardır (Hon ve Shiraishi, 2001: 213).

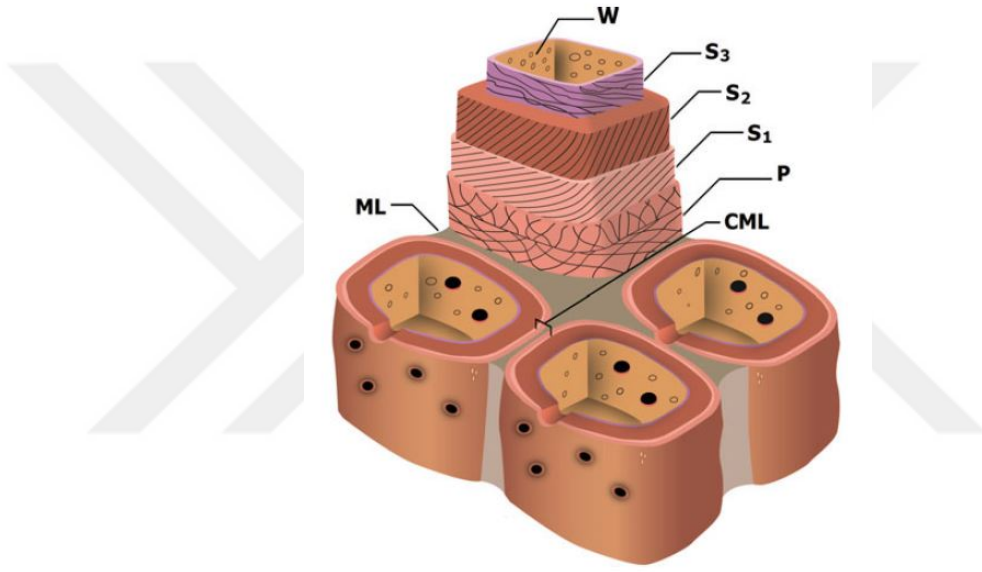
Tablo 1.2: Ahşabın elementel içeriği.

Elementler	Yüzde (%)
Karbon (C)	49-51
Oksijen (O)	43-44
Hidrojen (H)	6-7
Azot (N)	0,1-0,3
Kül (Ca, K, Mg, Mn, vd.)	0,2-0,6

Kaynak: Unger vd., 2001: 16.

Odun hücre duvarları, hücrelerin gelişim aşamaları sırasında oluşturulan birkaç tabakadan oluşmaktadır (Şekil 1.16). Bu tabakalar, orta lamel (ML), birincil duvar (P), üç alt tabakadan (S_1 , S_2 ve S_3) oluşan ikincil duvar ve siğil tabakasıdır (W). Tüm tabakalar çeşitli biyokimyasal ve mekanik işlevleri yerine getirmek üzere farklı dokuya sahiptir ayrıca selüloz, hemiselüloz ve lignin içerikleri de değişkenlik göstermektedir.

Şekil 1.16: Odun hücrelerinde hücresel yapı.



Kaynak: Pournou, 2020: 26.

Hem geniş hem de iğne yapraklı ağaçlar az miktarlarda pektin, nişasta ve protein de içermektedir. Pektin, karbonhidrat ve karbonhidratlarla bağlantılı bileşenlerden oluşan bir polisakkarittir. Genellikle hücreler arasında kenarlı boşluklardaki zarlarda ve orta lamelde bulunmaktadırlar. Bu zar tabakasının mikroorganizmalar tarafından bozulması ahşabın su ve su bazlı kimyasallara karşı geçirgenliğini arttırmaktadır. Birincil duvarın kimyasal yapısında %25 selüloz, %25 hemiselüloz, %40 pektin ve %10 protein bulunmasına rağmen tüm odun dokusu içerisinde pektin miktarı %0,5'den azdır. Nişasta ise bitkilerin ana rezerv polisakkaritidir ve az miktarlarda da olsa hücre duvarlarında bulunmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000: 70; Rowell vd., 2012: 41).

1.4.2. Suya Doymuş Ahşabın Yapısı

Ahşapların sulak toprak altında veya deniz altında uzun süre kalması sonucu hücre duvarlarının bileşenleri bakteriyel etki ile bozulmaya uğramaktadır. Zamanla hidrolize uğrayan hücre duvarlarındaki selülozdan geriye ahşabın mevcut formunu destekleyen bir lignin ağı kalmaktadır. Lignin bile bir süre sonra parçalanmaktadır. Selüloz ve ligninin parçalanması sonucunda hücreler ve moleküller arasındaki boşluklar artarak odun yapısının daha gözenekli ve su geçirgen hale gelmesine sebep olmaktadır. Tüm hücre boşlukları ve moleküller arası boşluklar dâhil olmak üzere ahşabın bozulan tüm elemanları su ile dolmakta ve gözeneklilik artmaktadır. Suya doymuş bir ahşap, ıslak tutulduğu sürece şeklini korumaktadır. Ancak ahşabın açık havaya maruz kalmasıyla fazla su buharlaşmakta ve buharlaşan suyun ortaya çıkan yüzey gerilimi kuvvetleri, zayıflamış hücre duvarlarının çökmesine neden olmaktadır. Bu sebeple ilk bakışta belirli bir forma sahip olan ahşap önemli ölçüde ve geri dönüşümü olmayan büzülme, çekme ve bozulmaya uğramaktadır (Hamilton, 1999: 24).

Suya doymuş ahşabın yapısı mikroskop altında incelendiğinde morfolojik yapısının şaşırtıcı derecede iyi korunmuş olduğu görülebilmektedir. Hücre duvarını oluşturan bileşenlerin ayrışması ve yok olmasına rağmen yapısal özellikleri yeterince korunduğundan bu tür örnekler üzerinde cins ve tür tanımları yapılabilmektedir. Bu durum hücre duvarının boyutlarını kaybetmeden bileşenlerinin ayrıştırılmış olduğu gerçeğini göstermektedir.

1.5. Suya Doymuş Ahşapta Bozulma

Kazı alanında bulunan ahşaptan yapılmış arkeolojik eserler, yüzyıllar boyunca gömülü kalmalarına karşın ilk bakışta iyi korunmuş gibi gözükülebilmektedir. Bunun sebebi ahşabın suya doymuş durumda kaldığı sürece, suyla şişmesi nedeniyle hücre duvarının boyutlarının sabit kalmış olmasıdır. Bütünlük, boyutlar, renk ve yüzeydeki alet izleri halen seçilebilmektedir. Eğer ahşap objeler hiçbir sağlamlaştırma uygulaması olmaksızın kurumaya bırakılırsa hücrelerinde ciddi çekme ve çarpılma söz konusu olacak ve bunun sonucu arkeolojik objenin bütünlüğü

yok olacaktır. Geri dönüşü olmayan bu süreçte kapiler kuvvet hücresel çökmeye neden olmaktadır. Etki, bozulmuşluğun durumuna göre az veya çok olabilmektedir. Uzun dönemler boyunca ahşap dokusunun bu denli parçalanarak bozulmaya uğramasının sebebinin yapısındaki polisakkaritlerin hidrolize uğrayarak parçalanması olduğu düşünülmekteydi. Ancak, son dönemlerde suya doymuş arkeolojik ahşaplar üzerinde yapılan çalışmalar ile odun yapısında meydana gelen kimyasal değişimlerin kimyasal hidroliz nedeni ile değil mikrobiyel kaynaklı olduğu doğrulanmıştır (Björddal ve Nilsson, 2001: 17).

Suya doymuş ahşapta bozulma meydana getiren başlıca faktörler; ahşap yüzeyinde zararları kolayca gözlemlenebilen yumuşakçalar grubundan deniz kurtları ve deniz kabuklularının tahribatı ile ahşap tüketici mikroorganizmalar kabul edilmektedir.

Teredinidae (deniz kurtları) familyası, suya doymuş ahşabın tahribatında odun dokusunda görsel olarak teşhis edilebilen oyuklar ile hacimsel azalmaya sebep olduğundan en zararlı faktör olarak kabul edilirler. Bu grupta yer alan *Teredo navalis*, ülkemiz ve Avrupa’da en yaygın karşılaşılan türdür. Bir solucan görünümünde olan bu yumuşakça, odun dokusu içerisinde delik açma konusunda oldukça uzmanlaşmıştır. Meydana getirdikleri tünellerin çapları 6 ile 8 mm arasında değişmektedir ve maksimum 12 mm çapında tünel açtıkları bilinmektedir. Yumuşakçanın açtığı tünelin iç çeperi kalkerli bir depo maddesi ile kaplanmış vaziyettedir. Yaşam süreleri yaklaşık 1-3 sene arası değişmektedir, bu süreç içerisinde meydana getirdikleri tüneller 20-40 cm’den 1-2 metre uzunluğa kadar değişen ölçülerde olmaktadır (Kocabaş, 2009).

Ahşap malzemenin yüzeyinde yaşayan ve iğne yapraklı ağaçların ilkbahar odunlarında galeriler açmasıyla bilinen kabuklular ise odun dokusunu yumuşakçalardan farklı bir şekilde tahrip etmektedir. Açtıkları galeriler içerisinde serbest halde hareket edebilme becerisine sahiptirler. Yaşamları boyunca sürekli galeri içerisinde yerleşik bulunmayan kabuklu oyucuların en zararlısı, tüm dünyaya yayılmış olmasıyla bilinen *Limnoria* kabul edilmektedir. Tahribat derinlikleri yıllık 6-12 mm arasında değişen *Limnoria*lar ahşap içerisinde çapları 1-3 mm olarak

değişen dar ve farklı uzunluklarda tüneller açmaktadırlar (Kocabaş, 2009). Yenikapı 6 ahşaplarında da *Limnoria* tahribatı olduğu belgeleme çalışmaları sırasında kaydedilmiştir.

Şekil 1.17: Yenikapı 6 batığı eğrilerinde kurt yenikleri.



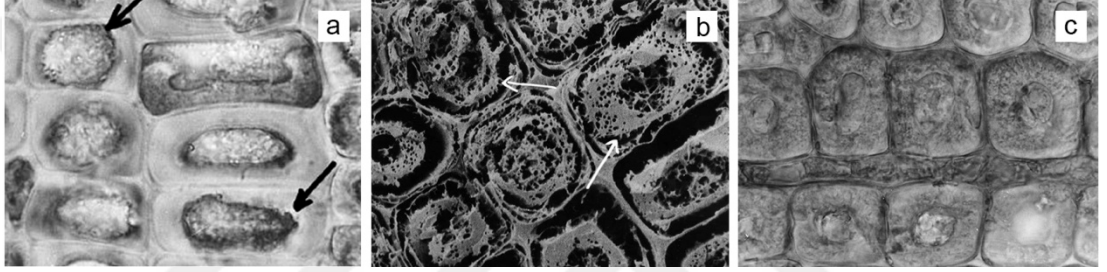
Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi arşivi.

Bakteriler, ahşabın çeşitli hücre bileşenlerine saldırarak çeperlerde yapısal hasar meydana getirmektedir ve artlarında bıraktıkları desenler ile tespit edilmektedirler. Suya doymuş ahşaplarda yapılan incelemelerde genellikle üç farklı tür bakteriye rastlanılmıştır, bunlar erozyon bakterileri, tünel açıcı bakteriler ve oyukluk oluşturan bakterilerdir.

Erozyon bakterileri, çubuk şeklinde bir yapıda, 0,5-0,9 μm çap ve 2-8 μm boya sahip aşındırıcı bakterilerdir. Ahşap yüzeyi içerisine ışınlar ve boşluklar yoluyla girerek traheidlerin hücre lümenlerine yerleşmektedir. Burada odun hücrelerinin sekonder çeper tabakalarını bozundurmaıyla selüloz ve hemiselülozun uzaklaşmasına sebep olmaktadır. Zengin selüloz içeriğine sahip olan sekonder çeperin duvarı amorf ve yapışkan bir malzemeye dönüşürken, zengin lignin içeriğine sahip orta lamellerin yapısı görüntüde etkilenmemektedir (Şekil 1.18-b). Çürüklüğün ileri seviyeye ulaştığı durumlarda, lümen ve bozunmuş hücre çeper alanlarının içerisi, bakteri salgısı veya lignin artığı olduğu düşünülen granüllü bir çürüklük ürünüyle dolabilmektedir (Şekil 1.18-a). Lif içerisindeki bozulmuş hücre duvarlarını dolduran su molekülleri ve bakteri artıkları hassas durumdaki orta lamelin odun yapısındaki bütünlüğünü destekleyebilmesi için ona gerekli olan fiziksel dayanımı

sağlamaktadır (Şekil 1.18-c). Bu süreç sayesinde suya doymuş ahşabın formu ve bütünlüğünü korunmuş kalabilmektedir. Erozyon bakterilerinin, diğer türlerin aksine suya doygun topraklar, sedimentler veya sualtı gibi düşük oksijenli ortamlarda da ahşabı bozabildiği bilinmektedir. Hem deneysel hem de karasal ve sulak arazilerde gerçekleştirilmiş bilimsel çalışmalar bu bakteri tipinin arkeolojik ahşapların ana bozundurucu unsuru olduğunu ortaya koymaktadır. (Björðdal vd., 1999: 65; Björðdal, 2012: 119; Klaassen, 2014: 129).

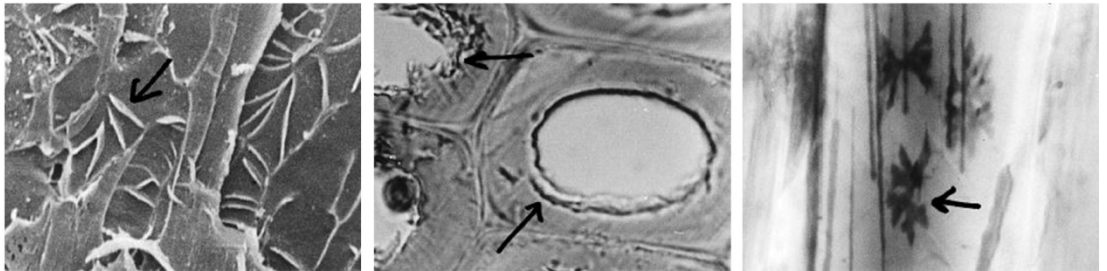
Şekil 1.18: Erozyon bakterilerinin odun dokusundaki tahribatı.



Kaynak: Björðdal vd., 1999: 66.

Tünel açıcı bakterilerin karakteristik özelliği, odun hücrelerinde sekonder çeper duvarında meydana getirdikleri küçük tüneller olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1.19). Aynı zamanda orta lamele de geçiş yapabilen bu bakteriler, iğne yapraklı ağaç odunlarının kenarlı geçitlerinde bulunan ve lignince zengin primer çepere de penetre olabilmektedir. Hücre yapısının bu kısımlarında da bozulma meydana getirmektedirler. İleri derecede tespit edilen bir bakteriyel saldırıda bile ligninin diğer bileşenlere göre çok daha sınırlı miktarda bozulduğu tespit edilmiştir (Blanchette, 2000: 194).

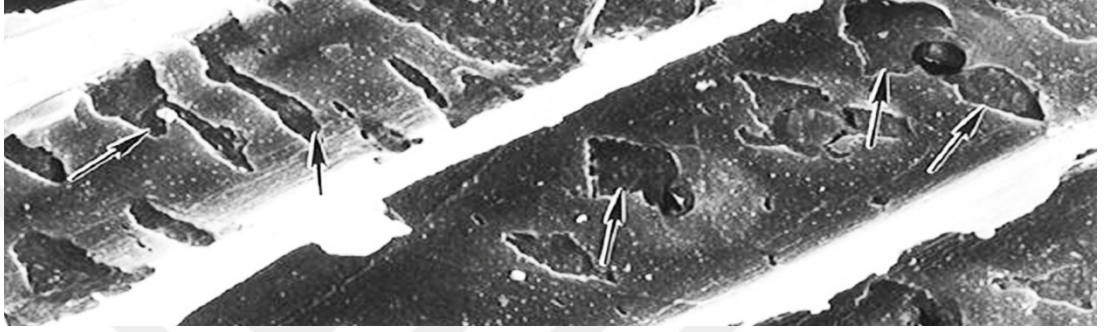
Şekil 1.19: Tünel açıcı bakterilerin odun dokusundaki tahribatı.



Kaynak: Björðdal vd., 1999: 67.

Oyukluk oluşturan bakteriler ise sekonder çeper üzerinde veya liflere dik yönlerde küçük baklava şeklinde oluşturduğu oyuklar ile bilinmektedir (Şekil 1.20). Meydana getirdiği oyuklukların hücre çeperinden veya hücre çeperi içerisindeki diğer bölgelerden başladığı gözlemlenmiştir (Blanchette, 2000: 194).

Şekil 1.20: Oyukluk oluşturan bakterilerin hücre yapısındaki tahribatı.



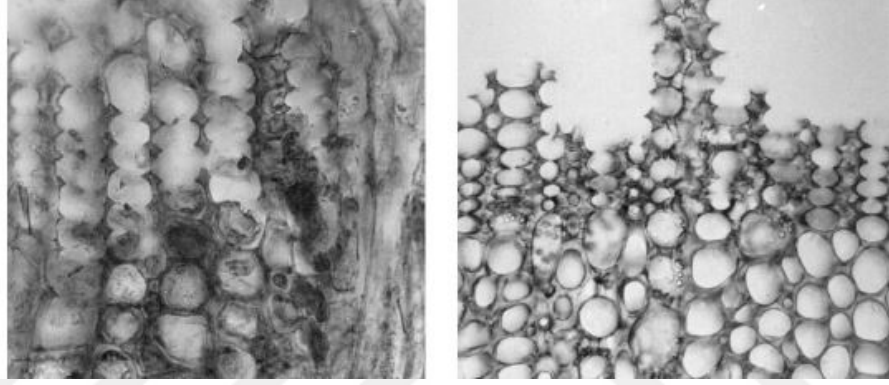
Kaynak: Blanchette, 2000: 195.

Mantarlar, yüksek oksijenli ve nemli ortamlarda ahşabın odun dokusunu ayrıştırarak yok etmektedir. Ahşap tüketici mantarlar; yumuşak çürüklük, beyaz çürüklük ve esmer çürüklük olmak üzere 3 ana tipte bulunmaktadır. Beyaz ve esmer çürüklük mantarları *Basidiomycete* grubundadır ve odunu ayrıştırmak için ortamda yüksek nem ve oksijen bulunmasına ihtiyaç duymaktadırlar. Suya doymuş ahşaptaki varlıklarına bakıldığında, *Ascomycetes* ve *fungi imperfecti* grubundan olan yumuşak çürüklük mantarının, daha düşük seviyeli oksijen ortamında da faaliyet gösterdiği tespit edilmiştir (Björdal vd., 1999: 63). Odun dokusunda çürüklük meydana getiren bu mantarların her birinin bozulma meydana getirme süreci farklı gerçekleşmektedir.

Genellikle geniş yapraklı ağaçların odunlarını tercih eden beyaz çürüklük mantarlarının ahşabın odun dokusundaki lignin, selüloz ve hemiselüloz bileşenlerini iki farklı tipte bozulmaya uğrattığı tespit edilmiştir. Birinci tip, hücre çeperinin üçüncül tabakasından başlamakta ve orta lamel yönünde lignini alarak bu bölgedeki pektini eritmesi sonucu hücreler arasında ayrılmalara sebep olmaktadır. Lignin bileşeni uzaklaşan hücre yapısının bu durum sonucu şişmesini takiben ahşabın dokusunun tamamen bozulmasına sebep olan selüloz tüketimi başlamaktadır. İkinci tipte, ahşabın odun dokusundaki polisakkarit bileşenleri ligninden daha önce veya

ligninle eş zamanlı olarak tüketilmektedir. İkinci tipteki bozulma sonucu, hücre çeperinde meydana getirilen küçük boşluklar zamanla büyümekte ve zamanla sayısı artan bu boşluklar bir süre sonra birleşerek hücre çeperinin yok olmasına sebep olmaktadır. Beyaz çürüklük mantarının tahribatına uğrayan ahşapların renkleri ağarmaktadır ancak yapısındaki genel görüntü uzun süre değişmemektedir (Erdin, 1999: 53-54).

Şekil 1.21: Arkeolojik (sol) ve sağlam (sağ) ahşapta beyaz çürüklük mantarının tahribatı.



Kaynak: Björdal ve Nilsson, 2001: 21.

Konuya dair bilimsel araştırmalar yapan uzmanlar, sağlam ve arkeolojik ahşap örneklerini sekiz ay süre ile beyaz çürüklük mantarına maruz bırakmış ve mevcut durumlarını mikroskop altında inceleyerek belgelemişlerdir. Elde edilen görüntülerde hem arkeolojik hem de sağlam ahşapta hücre duvarlarında benzer bir aşınma ve ardından ahşap dokusunun tamamen parçalanması gözlemlenmiştir (Şekil 1.21).

Esmer çürüklük mantarlarının beyaz çürüklük mantarının aksine genellikle iğne yapraklı ağaçların odunlarını tercih ettiği bilinmektedir. Odun dokusunda hem enzimatik hem de enzimatik olmayan etkinlikler göstererek bozulmaya sebep olmaktadır. Bu mantar tiplerinin odun dokusundaki lignin bileşenini bozacak enzim üretmedikleri bilinmektedir. Odunda açık renkli bileşenler olan karbonhidrat, selüloz ve hemiselülozların bozulmaya uğratılmasıyla lignin bileşeninin rengi ön plana çıkmaktadır. Bu durum ahşap malzemenin kıvrıla çalan koyu tonda bir kahverengiye dönüşmesine sebep olmaktadır. Yoğun tahribatı neticesinde odun

dokusunda neredeyse sadece lignin bileşeni kalmaktadır. Bu durumdaki ahşap, ağırlık, hacim, yoğunluk ve direnci azalmış olduğundan yüzeyinde küp şekilli çatlaklara sahip kömür görünümlü bir yapı almaktadır. Kuruduğunda çok kolay şekilde ufalanarak dağılmaktadır (Erdin, 1999: 55; Blanchette, 2000: 191).

Yumuşak çürüklük mantarları ise ahşaplarda küf ve renk değişikliğine sebep olmaktadır. Beyaz çürüklük mantarı gibi bu mantar türü de odun dokusunda iki farklı tipte bozulmaya sebep olmaktadır. Birinci tipte mantar hüfleri hücre çeperinin sekonder katmanında bulunan selüloz mikrofibrillerine paralel şekilde konik uca sahip kristal biçimli boşluklar açmaktadır. Pigment artışı etkisiyle odun dokusunda renklenmeye sebep olmaktadırlar. İkinci tipte hücre çeperinin ikincil katmanından başlanılarak tüm odun bileşenleri erozyona uğratılmaktadır. Bu tipteki mantar tahribatına geniş yapraklı ağaçlarda daha çok karşılaşılmaktadır (Erdin, 1999: 56; Blanchette, 2000: 192).

1.6. Büyük Ölçekli Suya Doymuş Ahşap Konservasyon Yöntemleri

Suya doymuş ahşaplar, elverişli şartlarda gömülü kaldıklarında yapılarında meydana gelmiş tüm bozulmalara rağmen belirli bir formu koruyarak günümüze kadar ulaşabilmektedir. Suya doymuş ahşap niteliğindeki objeler ve batık gemi elemanlarının mevcut boyut ve yüzey özelliklerini koruyabilmesi için çeşitli konservasyon yöntemleri geliştirilmiş ve kullanılmıştır.

Konservasyon işleminin temeli, kuruma sırasında hücrelerde meydana gelen çökmenin ve hücre duvarı büzülmelerinin engellenerek boyut değişikliklerinin önüne geçmektir. Ancak suya doymuş ahşaplar kullanılan ağaç cinsi, ağacın büyüme şekli, odunun işleme şekilleri, bozulmuşluk durumları ve geçirgenlik özellikleri ile farklılıklar göstermektedir. Bu sebeple suya doymuş ahşap konservasyonunda tek bir genel teknik kullanılamamaktadır, çünkü her ahşabın kendi özelinde ihtiyacı olan gereksinimler mevcuttur. 1800’lü yılların ortalarından itibaren suya doymuş ahşap konservasyonu için emdirme, hacimlendirme, solventler ile kurutma, kontrollü hava ile kurutma ve dondurarak kurutma gibi birçok teknik uygulanmıştır. Bu dönemlerde kimyasal olarak suda çözünabilir “alum” olarak bilinen alüminyum potasyum sülfat,

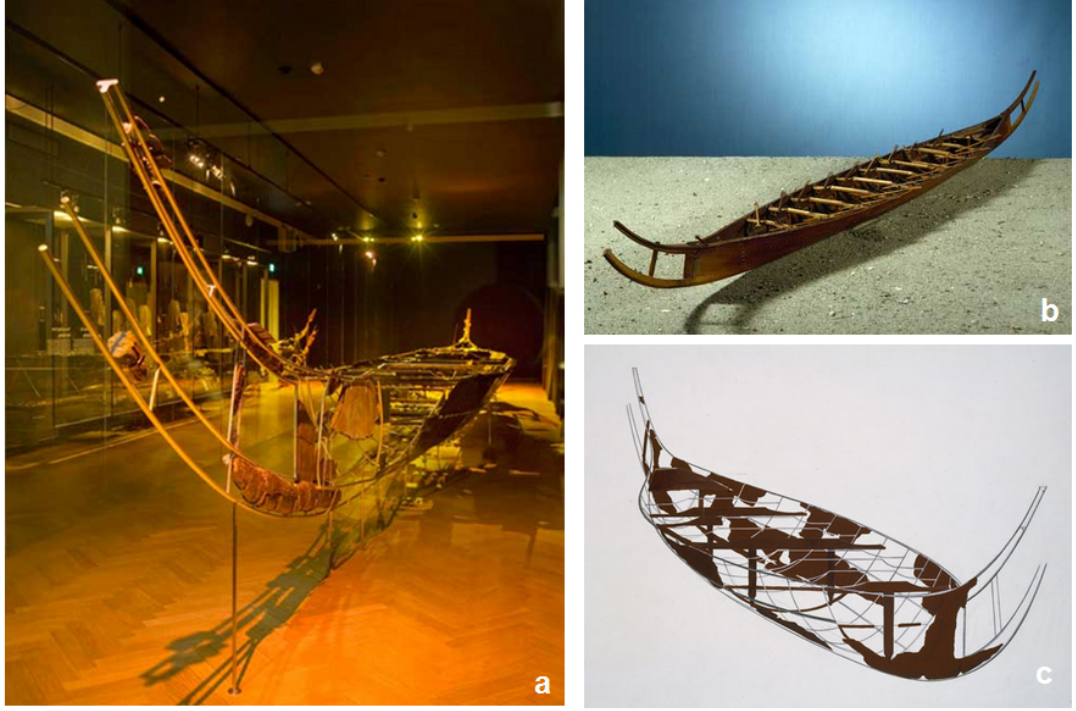
solventler, çözünebilir reçineler, sodyum silikatlar, TEOS olarak bilinen tetraetoksi silikat, mumlar ve yağlar gibi malzemeler kullanılmıştır. Ancak bu malzemelerle hücre yapısı bozulmuş ahşapların sağlamlaştırılmasında gerek görülen nitelikte yeterli sonuçlar alınamamıştır (Florian, 1990: 20).

Danimarkalı restoratörler, ahşap bünyesindeki suyu alum ile yer değiştirerek 1858-1958 yılları arasında yüz binlerce objeyi sağlamlaştırmıştır. 19. yy ortalarında İskandinavya’da ilk büyük ölçekli suya doymuş ahşap kalıntılarının bulunmasıyla birlikte bunların korunabilmesi için en uygun malzeme ve teknik arayışları başlamıştır. 1930’lu yıllardan itibaren ahşap malzemedeki çekme ve büzülmeyle en aza indirmek amacıyla çeşitli kimyasal yöntemler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Eski dönemde en yaygın kullanılmış teknik olan alum uygulamasının yerini zaman içerisinde şekerler ve polietilen glikol (PEG) almaya başlamıştır (Unger vd., 2001: 6).

Alum ile sağlamlaştırma tekniği, ahşapların 2 ile 24 saat arasında değişen sürelerde 90°C’deki yoğun çözelti içerisine daldırılarak malzemenin ahşabın gözenekli yapısına nüfus etmesi ve su ile yer değiştirmesine dayanmaktadır. Ancak ahşapların en dış yüzeyine ortama 5 mm işleyen malzeme burada dayanıklı bir tabaka oluşturmaya rağmen iç yüzeyde boşluklu ve kırılgan bir yapı bırakmaktadır. Bu sebeple soğutma işlemi sonrası ahşaplar kırılganlaşmaktadır. Bu durumun önüne geçmek amacıyla ilk başlarda bezir yağı kullanılmış daha sonraki dönemlerde ise gliserole geçilmiştir. Ancak higroskopikliği yüksek olan gliserol, ortamın değişken bağıl nem değerlerine karşı ahşapları oldukça hassas bir hale getirmektedir. Ayrıca bu yöntemdeki ısıtma süreci sülfirik asit meydana getirmekte ve ahşapların yapısına oldukça fazla sülfat iyonu girmesine sebep olmaktadır. Günümüzde alum ile sağlamlaştırılmış kalıntıların birçoğu yöntemin negatif sonuçlarından dolayı ileri derecede bozulma göstermektedir. Uzmanlar bu yöntemle sağlamlaştırılmış ahşapların bozulma sürecinden kurtarabilmek için çeşitli bilimsel çalışmalar yürütmektedir. Örneğin Danimarka’da bulunan, MÖ 300-400 yıllarına tarihlendirilen Hjortspring teknesinin konservasyonunda 1920’li yıllarda alum ve gliserol kullanılmıştır. Ancak kullanılan karışımın higroskopik özelliklerinden dolayı ahşaplarda durağanlık sıkıntıları meydana gelmiştir. 1966-1979 yılları arasında teknenin ahşapları eski

yöntemde kullanılan malzemelerden arındırılarak PEG çözeltisi ile yeniden sağlamlaştırılmıştır (Broda ve Hill, 2021: 12; Lucejko vd., 2021: 1-2). Batık günümüzde Danimarka Ulusal Müzesi'nde sergilenmektedir.

Şekil 1.22: Hjortspring (a: sergide, b: 3d model, c: teknik çizim).



Kaynak: <https://en.natmus.dk/>

1900'lü yılların ortalarından itibaren literatürde batıklar üzerinde gerçekleştirilen konservasyon çalışmaları incelendiğinde, suya doymuş ahşapların sağlamlaştırılması için hem su içerisinde hem de alkoller içerisinde çözünebilen PEG'in yaygın kullanıldığı görülmektedir. Kimyasal formülü $H(OCH_2CH_2)_n.OH$ olan PEG, İsveç'te geliştirilmiş sentetik bir polimerdir. Orta dereceli polar eter bağlarına sahip bu polimer, yüksek polaritede hidroksil uç gruplarının birbiri ardına tekrar eden birimleriyle şekillenerek dallanmamış bir polimer zinciri yapısına sahiptir. Suya doymuş ahşaplarda, odun bileşenleri (selüloz-hemiselüloz) bozulmaya uğradıktan sonra hücre içlerine giren su molekülleri hücre duvarlarına destek sağlayarak ahşabın fiziksel formunu korumaktadır. PEG, ahşabı kurutma sürecinde su molekülleri buharlaşarak uzaklaşırken hücre duvarlarında meydana gelecek çökmenin engellenmesi için kullanılmaktadır.

PEG moleküllerinin su moleküllerinin yerini alması sürecinde bir şeker alkolü olan PEG'in OH uçları ayrıışmış selüloz liflerinin arasına girerek selüloz polisakkariti ile hidrojen bağı oluşturmaktadır. PEG molekülleri bu sayede su buharlaştıktan sonra da bozulmuş hücre duvarlarına destek vermeye devam ederek ahşabın fiziksel formunu korumasını sağlamaktadır. PEG, molekül ağırlıkları 300-600 arasında olanlar sıvı, 1000-1500 arası yarı sıvı, 3250-6000 arası olanlar ise mumsu yapıda olacak şekilde temin edilebilmektedir. Az bozulmaya uğramış ahşaplarda düşük molekül ağırlıklıları tercih edilirken çok bozulmuş ahşaplarda ise yüksek molekül ağırlığındaki PEG'ler tercih edilmektedir. Molekül ağırlığının artmasıyla polarite azalmaktadır, bu sebeple yüksek molekül ağırlıklarındaki PEG'lerin higroskopik özelliği düşük molekül ağırlığa sahip olanlarla kıyaslandığında daha azdır. PEG'lerin bir diğer tercih sebebi de toksik olmaması ve diğer kimyasallara göre daha maliyetinin daha düşük olmasıdır (Guilminot vd., 2002: 2199-2200; Hocker vd., 2012: 176; Broda ve Mazela, 2017: 149-150; Nyugen vd., 2018: 436-437).

PEG ve benzeri kimyasal polimerlerle gerçekleştirilen sağlamlaştırma işlemlerini kurutma aşaması takip etmektedir. Dünyadaki örneklerine bakıldığında bu işlem için de dondurarak kurutma tekniğinin yaygın olarak tercih edildiği görülmektedir. Suya doymuş ahşapların en verimli koruma yöntemlerinden biri olarak kabul edilen dondurarak kurutmada temel ilke suyun gözeneklerden buharlaşırken meydana getirdiği kapiler kuvvetin azaltılmasıdır. Bu yöntemle kapiler kuvvet, suyun dondurularak buz hale getirilmesi ve kurumunun katı fazdan gaz faza geçiş olan süblimleşme ile gerçekleştirilmesiyle azaltılmaktadır. Emdirme işlemi ile ahşabın hücre lümenleri ve duvarlarını dolduran suyun büyük bir kısmı PEG ile yer değiştirildikten sonra dondurarak kurutma işlemine geçilmektedir. Hücre duvarlarında meydana gelebilecek parçalanma ve çatlama için %35 ile %45 oranlarında bir ön emdirme aşamasının tamamlanmış olması önerilmektedir. Dondurarak kurutma, ilk olarak ön emdirmesi yapılan ahşapların dondurulması ve daha sonra vakum veya atmosferik basınç altında kurutulması olarak iki aşamadan oluşmaktadır. İşlem sonunda ahşapta çatlama, çökme veya büzülme meydana

gelmeyen bir dondurarak kurutma başarılı sayılmaktadır (Babinski, 2007: 89-90, Jones vd., 2009: 2178; Babinski, 2011: 1709; Gregory vd., 2012: 142-143).

İngiltere’de Mary Rose, İsrail’de Kinneret Boat, Almanya’da Beremen Cog, İsveç’te Vasa, Kore’de Shinan Treasure Ship, Polonya’da Copper Ship, Avustralya’da Batavia, Danimarka’da Skuldelev gemileri ile birçok farklı ülkede keşfedilmiş batıklara ait konservasyon süreçleri incelendiğinde sağlamlaştırma malzemesi olarak PEG tercih edildiği görülmektedir. Bunlarla birlikte Türkiye’de Serçe Limanı, Çamaltı Burnu 1 Batığı ve Yenikapı Batıklarında suya doymuş ahşapların sağlamlaştırılmasında da PEG kullanılmıştır (Broda ve Hill, 2021: 12; Altınanıt-Kirik, 2021: 37; Kocabaş, 2015a: 9; Kılıç, 2015). Farklı ortamlardan çıkarılan ve çeşitli bozulma seviyelerinde ahşaplara sahip batıklar için PEG çözeltilerinin hangi molekül ağırlığı ve yoğunlukta uygulanması gerektiğine dair çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bazı batıklarda tek bir molekül ağırlığı tercih edilirken bazılarında birden fazla tercih edilmiş ve farklı tekniklerle ahşaplara uygulanmıştır.

İsveç’te 1628 yılında battığı bilinen Vasa, 1961 yılında Stockholm limanından kaldırılmıştır. Gemi elemanlarının çoğunluğunda meşe (*Quercus robur*) kullanılmıştır ve dönemi göz önünde bulundurulduğunda Kuzey Avrupa’daki en güçlü savaş gemilerinden biri olarak tanımlanmaktadır (Hocker, 2020: 14). Vasa batığı ahşaplarına ilk üç yıl PEG 1500 ve 4000’in manuel olarak uygulanmasının ardından 1965 yılından itibaren altı sene boyunca PEG 1500 otomatik spreyleme sistemiyle kullanılmıştır. 1971 yılından itibaren bu işlem PEG 600 ile sekiz sene daha devam ettirilmiştir. 1979 yılında PEG 600 ve 4000 ile manuel uygulama iki sene boyunca devam ettirilmiştir. Spreyleme süresince ahşaplarda biyolojik bozulma meydana gelmemesi için çözeltilere boraks ve borik asitler eklenmiştir. Emdirme süreçleri tamamlandıktan sonra yüzeydeki PEG kalıntıları sıcak havaya ile yumuşatılarak uzaklaştırılmıştır. Vasa’da PEG ile sağlamlaştırma süreci yaklaşık 30 yıl sürmüştür. Ancak uygulanan düşük molekül ağırlığındaki PEG 600, kimyasal özelliklerinde oldukça higroskopik yapıda olduğundan batığın ahşapları bağıl neme karşı oldukça hassas duruma gelmiştir. Vasa ile aynı dönemlerde kazısı tamamlanan ve MS 1070-1090 yılları arasında battığı bilinen Skuldelev Viking gemilerinde ise

PEG 4000 sulu çözeltilisinin emdirilmesi tanklar içerisinde gerçekleştirilmiştir (Almkvist, 2008: 17, Mortensen vd., 2007: 1211-1212).

Şekil 1.23: Vasa.



Kaynak: Afshar vd., 2021: 2.

Almanya'nın Weser nehrinden 1962 yılında kaldırılan ve bir orta çağ nehir teknesi olarak tanımlanan Bremen Cog 14. yy'a tarihlendirilmektedir. Kaldırılışının ardından geçen 38 yıllık konservasyon sürecinden sonra ancak 2000 yılında sergilenmeye başlanmıştır. 1960'lı yıllarda suya doymuş ahşap tekne kaplamalarının konservasyon malzemesine ve tekniğine karar vermek uzmanlar için kolay bir süreç değildir. Bu sebeple Stockholm ve Kopenhag'dan Vasa ve Viking gemileri üzerinde çalışan ekip çağrılarak bilgi alışverişi yapılmıştır. Batık üzerinde gerçekleştirilen inceleme ve gözlemler sonrasında büyük ölçekli suya doymuş ahşap konservasyonunda kullanılan PEG yöntemine karar verilmiştir. Uzmanlar daha önce deneyimledikleri çalışmalardan ötürü küçük moleküllü PEG'lerin higroskopik özelliğinin yüksek olduğunu bilmektedir. Ayrıca oda sıcaklığında sıvı halde bulunan küçük moleküllü PEG'lerin yüksek bağıl neme sahip ortamlarda ahşaptan kusmalar meydana getirdiğine dair de gözlemler mevcuttur. Büyük moleküllü PEG'lerin ise

ahşap dokusuna yeterince nüfuz edemediği göz önünde bulundurularak orta büyüklükteki moleküllere sahip PEG kullanımına karar verilmiştir.

Şekil 1.24: Bremen Cog.



Kaynak: www.dsm.museum

Demonte ahşap parçaların sıcak PEG işleminden sonra genişerek yeniden birleşmeye ihtimalinden doğan çekince ile Bremen Cog tekrar birleştirilmiş ve kütle halinde sağlamlaştırılmıştır. Tekneye konsantrasyonu %5'ten %60'a kadar yükseltile PEG 1500 banyosu tank içerisinde uygulanmıştır. Ancak yüzeyinde yağlı ve tortulu bir tabakanın oluştuğu gözlemlenmiş ve yeterince verim alınamayacağı düşünüldükten bu teknikten vazgeçilmiştir. Böylece iki aşamalı PEG emdirme sürecine geçilmiştir. İlk aşamada PEG 200 çözeltisi %50 konsantrasyona ulaştıktan sonra, ikinci aşamada PEG 3000 ile %70 konsantrasyonda ahşaplarda durağanlık sağlanmıştır. Çift aşamalı teknikte ahşabın dış yüzeylerindeki yüksek moleküllu PEG yoğunluğu sayesinde higroskopiklik de az olmaktadır böylece ahşabın nem çekme probleminin de önüne geçilmiştir. Yılda 2 kez 5 mm örnekler alınarak PEG'in penetrasyon durumu incelenmiştir. Süreç tamamlandığında yüzeydeki PEG kalıntıları sıcak buhar ile yumuşatılarak sünger, fırça ve çeşitli aletler ile yüzeyden uzaklaştırılmıştır. Uygulama sonrası ahşapların koyu bir tona sahip kahverengi renk aldıkları bildirilmiştir (Colson, 2020: 177-187; Hoffmann, 2001: 129-136).

İngiltere'nin günümüze kadar gelebilmiş tek Tudor gemisi olan Mary Rose'un 1545 yılında bir savaş sırasında battığı bilinmektedir. 1982 yılında kaldırılarak Portsmouth tersanesine alınan batık gemi, üzerindeki sediment ve çözünebilir tuzlardan arındırılması için 12 yıl boyunca soğuk su ile spreyleneştir. Bu arındırma sürecinde soğuk ortamlarda biyolojik aktivite de yavaş olduğundan batık aynı zamanda bunun zararından da korunmuştur. Arındırma işleminden sonra 1994 yılından itibaren on yıl süre ile düşük molekül ağırlığındaki PEG 200 sulu çözeltisi %40 konsantrasyonda, daha sonra yüksek molekül ağırlığındaki PEG 2000 sulu çözeltisi %60 konsantrasyonda spreyleme tekniği ile uygulanmıştır. Emdirme süreci içerisinde gerekli görülen bazı parçalar üzerine PEG 4000 fırça ile direkt uygulanmıştır. 1994-2013 yılları arasında yaklaşık 20 yılda tamamlanan sağlamlaştırma sürecinin ardından batığın kontrollü kurutma aşamasına geçilmiştir. Kurutma aşamasında gerçekleştirilen incelemelerde en verimli kurumanın %55 bağıl nem ve 20°C sıcaklık ortamında gerçekleştiği tespit edilmiştir (Piva, 2017).

Şekil 1.25: Mary Rose.



Kaynak: www.britainexpress.com

İsrail’de 1985 yılında keşfedilen Kinneret Boat, MÖ 1-2. yüzyıllar arasına tarihlendirilmektedir. Bulunduğu göldeki çamur içerisinde 1986 yılında fiber çubuklarla desteklenerek kapsül halinde yerinden kaldırılmış ve konservasyon işlemleri başlayana kadar su dolu tank içerisinde muhafaza edilmiştir. Bu teknenin sağlamlaştırılması için de diğer batıklarda da kullanılmış olan, kullanımında deneyim ve gelişmeler sağlanmış PEG tercih edilmiştir. Tank içerisinde iki aşamalı PEG emdirme süreci ilk aşamada PEG 600 çözeltisinin %50 konsantrasyona çıkartılmasıyla, ikinci aşamada ise PEG 3000 çözeltisinin zaman içerisinde %90 konsantrasyona çıkartılmasıyla tamamlanmıştır (Wachsmann vd., 1987: 237). 1985 yılında yine İsrail’de bulunan bir diğer tekne Ma’agan Mikhael’in konservasyon işlemleri için de iki aşamalı PEG emdirme yöntemi uygulanmıştır (Kahanov, 1997: 320).

Şekil 1.26: Ma’agan Mikhael.



Kaynak: <https://mushecht.haifa.ac.il/>

Kore’de keşfedilen ve bir Orta Çağ Çin gemisi olan Shinan hazine gemisinin suya doymuş ahşaplarına da iki aşamalı PEG emdirme işlemi uygulanmıştır. İlk aşamada oda sıcaklığında PEG 400 ve ikinci aşamada 40°C’de PEG 4000 çözeltileri kullanılmıştır. Polonya’da bulunan ve 1400 yılında yapılmış olan Copper Ship’in ahşaplarına ilk bulunduğu dönemlerde keten tohumu yağı ve terebentin yüzeyden emdirilmiş sonrasında yavaşça kurutma teknikleri uygulanmıştır. Ancak daha sonraki yıllarda PEG’in ulaşılabilirliği yaygınlaşınca PEG uygulamasına geçilmiştir. Copper Ship ahşaplarının konservasyon işlemleri,

ısıtılmış PEG çözeltilerine daldırma dâhil düşük molekül ağırlığındaki PEG 400 ve 1500 veya yüksek molekül ağırlığındaki PEG 4000 çözeltilisinin artan konsantrasyonlarda kullanılmasını içermektedir. Emdirme işleminin tamamlanmasının ardından ahşaplar ortamdaki hava ile belirli bir nem dengesine ulaşınca kadar hava ile kurutulmuştur. Gemi gövde elemanlarının haricinde sekiz metre uzunluğundaki bir sancak direğine de iki aşamalı teknikle PEG 300 ve 3000 uygulanmıştır ancak uygulama sonrası ahşap yüzeyindeki higroskopikliğin arttığı tespit edilmiştir (Broda ve Hill, 2021: 14).

Ülkemizdeki çalışmalara baktığımızda; MS 11. yy'a tarihlendirilen ve 1981-1984 yılları arasından konservasyon işlemleri gerçekleştirilen Serçe Limanı batığında suya doymuş ahşapların sağlamlaştırılmasında PEG 1500 ve 4000 çözeltilerinin kullanıldığı bilgisine ulaşılmaktadır (Altınanıt-Kirik, 2021: 44). Marmara Adası Çamaltı Burnu'nda bulunan ve MS 13. yüzyıla tarihlenen Çamaltı Burnu 1 batığı, Türk bilim insanlarının ilk bilimsel sualtı arkeoloji çalışması olma özelliği taşımaktadır (Başaran vd., 2008: 189). Çamaltı Burnu 1'in ahşaplarında konservasyon yöntemi olarak PEG ön emdirmeli dondurarak kurutma tercih edilmiştir. Ahşaplara tank içerisinde PEG 2000 çözeltisi düşük konsantrasyonlarda emdirilmeye başlanmış ve yavaş yavaş arttırılan konsantrasyon %45'e vardığında süreç tamamlanmıştır.

Şekil 1.27: PEG ön emdirmeli dondurarak kurutma tekniği uygulanan Çamaltı Burnu 1 gemi elemanları, konservasyon öncesi (sol), konservasyon sonrası (sağ).



Kaynak: Kılıç, 2015: 51, 52.

Çamaltı Burnu 1'in 2009-2013 yılları arasında gerçekleştirilen sağlamlaştırma işlemi süresince çözelti içerisine bakteri önleyici kimyasallar belirli aralıklarla eklenmiştir. Bu sayede mikrobiyolojik bozulmanın önüne geçilmiştir. Tamamlanan sağlamlaştırma sürecini vakumlu dondurarak kurutma işlemi takip etmiş ve ardından ahşaplar %45-60 bağıl nem ortamında muhafazaya alınmıştır (Kılıç, 2015: 42-45).

Yenikapı batıklarında, gerçekleştirilen deneysel ve bilimsel uygulama çalışmaları ardından ahşaplara genel yöntem olarak sağlamlaştırma amacıyla PEG ön emdirmesini takiben dondurarak kurutmaya karar verilmiştir. Batıklardan alınan ahşap örnekleri üzerinde gerçekleştirilen analizlerle ahşap yoğunluk değerlerinin 0,09 ile 0,50 g/cm³ arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu değişken yoğunluk değerleri aynı zamanda farklı bozulmuşluk derecelerini de göstermektedir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurularak batıkların bozulmuşluk durumlarına göre PEG 400 ile 4000 arasında değişken molekül ağırlıklarında seçilerek kullanılmaktadır. Genellikle tek bir molekül ağırlığındaki PEG tercih edilirken ihtiyaca göre farklı molekül ağırlığı PEG'lerin karıştırılarak emdirildiği uygulamaların da mevcut olduğu bilgisine ulaşılmaktadır (Kocabaş vd., 2020: 41). Kılıç "Yenikapı Batıklarının Korunmasında Polietilen Glikol Ön Emdirmesi-Vakumlu Dondurarak Kurutma Yönteminin Değerlendirilmesi" başlıklı doktora tezinde konservasyon süreçlerini tüm teknik detayları ile anlatmaktadır (Kılıç, 2017b).

Şeker, PEG gibi şeker alkolleri ve sulu veya solventli kimyasalları da içeren suya doymuş ahşap sağlamlaştırma yöntemlerinin birçoğu son 60 yıl içerisinde geliştirilmiştir. 1930'lu yıllarda ahşap ve mobilya sektöründe bir yapıştırıcı olarak piyasaya sürülmüş olan melamin reçineler de bunlardan birisidir. Birçok farklı formülasyona sahip olan melamin reçinelerinden, melamin-formaldehit (MF) reçineleri Almanya ve İskandinavya'nın öncülüğünde suya doymuş ahşap konservasyonunda da kullanılmıştır. 1950'li yıllarda ticari adı ile *Arigal C* olarak bilinen geleneksel MF reçinesinin geliştirilmesiyle 1970'li yıllarda *Lyofix* adı ile bilinen eterlenmiş MF üretilmiştir. Yakın zaman diliminde ise *Kauramin* ticari adı ile

bilinen ve temeli eterleri oluşturmak için alkollerin dehidrasyon işlemine dayanan MF reçinesi diğerklerinin yerini almıştır.

Kauramin suda iyi çözünen, dūřuk viskoziteli ve kūuk molekūllū yapısı ile ahřap malzemenin dokusuna iyi nūfuz etmektedir. Ayrıca antibakteriyel özelliğinden tūrū de ekstra koruyuculuk saėlamaktadır. Bu yöntemle saėlamlařtırma sūreci diğerklerine nazaran oldukça kısa sūrmektedir. Saėlamlařtırma sūrecinden sonra kurutulan ahřapların dokusu içerisinde sert ve ū boyutlu bir polimer ağı oluřmakta ve boyutsal deėiřim yařanmamaktadır. Ayrıca hafif bir malzeme olduėundan dayanım gūcū zayıflamıř ahřap dokusuna yūk baskısı da yaratmamaktadır. Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken unsur zeltinin polimerizasyon sūrecinin iyi ayarlanmasıdır. Asidik pH deėerleri *Kauramin*'in henūz ahřaba nūfuz etmeden kūrleřmesine sebep olmaktadır. İstenilenden erken bir polimerizasyon gerçekleřtiğinde hem nūfuz etme derinliėi yetersiz kalmakta hem de ahřap ūzerinde geri alınması çok gū sert bir film tabaka oluřmaktadır. Polimerizasyonu tamamlandığında tekrar özündürūlememektedir. Bu sebeple ideal renk ve saėlamlık için iyi bir zaman hesabı ve teknik deneyim gerektirmektedir. Yaygın olarak kūuk boyutlu objelerde tercih edilmiř olmasına raėmen uygulama sonrası saėladığı mūkemmel saėlamlık nedeniyle būyuk ölçekli suya doymuř ahřaplarda da kullanılmaktadır (Christensen vd., 2012: 184; Cesar vd., 2017: 106-107; Walsh-Korb ve Averous, 2019: 180-181).

Kauramin, Yenikapı batıklarının özellikle ileri derecede bozulmuş olduğu analizlerle tespit edilmiş ahşaplarında da kullanılmış olan bir konservasyon yöntemidir. Yenikapı 16 ve Yenikapı 3 batığına ait gemi elemanları ūzerinde gerçekleştirilen çalışmaları detaylarıyla anlatan bilimsel yayınlar bulunmaktadır (bkz. Kılıç, 2016 ve Kılıç, 2017c).

Şekil 1.28: *Kauramin* tekniği uygulanan YK16 gemi elemanları, konservasyon öncesi (üst), konservasyon sonrası (alt).



Kaynak: Kılıç, 2016: 95.

Şekil 1.29: *Kauramin* tekniği uygulanan YK3 gemi elemanları, konservasyon öncesi (üst), konservasyon sonrası (alt).



Kaynak: Kılıç, 2017: 148.

Bu çalışmalarda, uygulama sonrası herhangi bir boyutsal değişimin meydana gelmediği, ahşapların suya doymuş hallerinden daha açık bir renk almış olduğu bildirilmiştir. Ancak bu durumun daha önceden fark edilemeyen alet izi gibi detayların görülmesine imkân sağladığı, ayrıca diğer yöntemlere göre daha kısa süreli ve düşük maliyetli olduğu belirtilmektedir. Gerçekleştirilen bu çalışmalar, ülkemizde suya doymuş ahşap konservasyonunda *Kauramin* yönteminin kullanıldığı ilk uygulamalar olma özelliği taşımaktadır.

Suya doymuş ahşapların sağlamlaştırılması için genellikle tercih edilen PEG'in sulu çözeltilerde iyonik iletkenlik özelliğinin demir korozyonu ve korozyon potansiyellerini çözümleyebilmek için çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Su içerisinde düşük molekül ağırlıklı PEG 400 çözeltisinin demir korozyon mekanizmasındaki işleyişini anlamak için çeşitli kimyasal deneyler yapılmıştır. PEG çözeltilerinin elektrokimyasal açıdan nötr olduğunun düşünülmesi aksine hızlandırılmış aşamalı testler ile demir korozyon hızının kullanılan PEG içeriğine göre değişkenlik

gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bu deneyler sonucunda en yüksek demir korozyonunun %20'lik PEG 400 çözeltisinde meydana geldiği tespit edilmiştir. Metal yüzeylerde PEG'in emilimi demir üzerindeki korozyon mekanizmasını başlatmaktadır. Elektrokimyasal redoks (indirgeme/oksidasyon) tepkimelerinde çözelti içerisinde dağılan demir iyonlarının reaksiyonlara katılımıyla korozyon süreci devam etmektedir. Metal yüzeyince emilen PEG'in metal ile su arasında bir koruyucu tabaka oluşturduğu da bilinmektedir. Bu süreçte meydana gelen korozyon ürünlerinin amorf hale gelmiş metal objenin içinde bulunan boşluklarda suyun hapsolması nedeniyle oluştuğu düşünülmektedir. Gerçekleştirilecek kapsamlı ve detaylı elektrokimyasal testler ile ileriki zamanlarda bu konularda da daha fazla sahibi olunması amaçlanmaktadır. Bu örnek çalışma sonucunda, çözünmüş oksijen içeriğinin, bulunduğu ortamda indirgenmesi sebebiyle demir korozyonunda önemli bir faktör olduğu anlaşılmıştır. Sulu çözeltideki PEG konsantrasyonu arttıkça yükselen viskozite değeri ile birlikte oksijen çözünürlüğünün azaldığı ve bununla doğru orantılı olarak çözünmüş oksijen içeriğinin de azalarak demir korozyon süreçlerinin yavaşladığı bilgileri elde edilmiştir (Guilminot vd., 2002: 2199-2208).

Vasa, Mary Rose, Batavia, Skuldelev ve Serçe Limanı batıklarının konservasyondan sonra sergiye alınan ahşapları yüzeylerinde son dönemlerde tozuma cinsi bozulmalar tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda gemi/tekne yapımında kullanılmış olan metal çivi ve diğer elemanların korozyon ürünlerinden kaynaklı demir bileşiklerinin ve biyolojik aktivite sonucu oluşan sülfür bileşiklerinin ahşaplarda bu bozulmalara sebebiyet verdiği anlaşılmıştır (Altınanıt-Kirik, 2021: 38).

Şekil 1.30: Serçe Limanı Batığı'nda demir sülfür kaynaklı bozulmalar.



Kaynak: Altınanıt-Kirik, 2021: 45.

Demir sülfürlü bileşiklerin sebep olduğu bozulmalar bahsi geçen batıkların PEG ile konservasyonları tamamlandıktan sonra ortaya çıkmıştır. Sorunlu bölgelerdeki demir ekstraksiyonunun yapılabilmesi için ahşapların uygun görülen kimyasal çözeltiler kullanılarak yeniden ıslatılması gerekmektedir. Bu yöntem daha önceden emdirilen PEG’i de çözerek uzaklaştırabilmekte ve işlem sonucu ahşaplar olumsuz etkilenebilmektedir (Kılıç, 2017a: 108). Bu durum göz önünde bulundurulduğunda emdirme işleminden önce mümkün olduğunca korozyon ürünlerinin ahşaplardan uzaklaştırılması gerekmektedir.

Benzer problemlerin önüne geçmek amacıyla Yenikapı batıklarında tuzdan arındırma işlemlerinin ardından, korozyon ürünleri ve demir bileşenleri uzaklaştırılmaktadır. Kılıç “Yenikapı Batıklarında Sülfür ve Demir Analizi, Dağılımı ve Ahşaplardan Uzaklaştırılması” isimli doktora tezinde benzer problemlerin gözlemlendiği batıklara dair yayınlanmış çalışmaları detaylarıyla araştırmıştır (Bkz. Kılıç, 2017a). Elde edilen bilgilerle gerçekleştirilen bilimsel ve deneysel uygulamalar sonucunda Yenikapı batıklarında demir bileşenlerin uzaklaştırılması için hangi tekniğin seçileceği belirlenmiştir. Ahşaplarda korozyon tespit edilen bölgelerde gerekli görülen mekanik temizliğin ardından %5 oranında disodyum EDTA ve %5’lik oksalik asidin (w/v) tampon yapma tekniği ile uygulanmasına karar verilmiştir (Kılıç, 2017a: 126; Kocabaş, 2015a: 9).

Demir şelatı olarak kullanılan EDTA gibi kimyasallarla yapılan çalışmalarda ahşap bünyesinde bulunan demirli bileşiklerin hepsinin uzaklaştırılmasının mümkün olmadığı bilinmektedir. Konservasyonu tamamlanan batıkların sergi ve depo alanlarının düşük bağıl nem ve sıcaklıkta stabil halde tutulması, ahşaplarda kimyasal bozulmalara sebep olan sülfirik asitlerin oluşumunu ve PEG’in bozulmasını önlemektedir. Bu sebeple batıkların sağlıklı bir şekilde korunabilmesi için ortam şartlarının ahşaplara uygun hale getirilmesi oldukça önemli bir faktördür (Kılıç, 2017a: 121).

Kılıç “Yenikapı Batıkları İçin Kurulacak Müzede Sergileme, Koruma-Bakım ve Depolama Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Olarak Araştırılması” başlıklı yüksek lisans tezinde konservasyonu tamamlanan batıklar için uygun ortam

şartlarının nasıl olması gerektiğini detaylarıyla açıklamaktadır (Bkz. Kılıç, 2013). Bu çalışma sonucuna göre sergi ortamının sıcaklığı 18-22°C, bağıl nemi ise %45-55 arası olmalıdır ve iklimlendirme sistemleri sürekli bu koşulları sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Ortamdaki zararlı partikülleri engellemek amacıyla bu sistemlerde HEPA filtrelerin kullanılması ve ahşapların düzenli olarak biyolojik aktiviteye karşı denetlenmesi gerekmektedir (Kılıç, 2013: 108, 109).



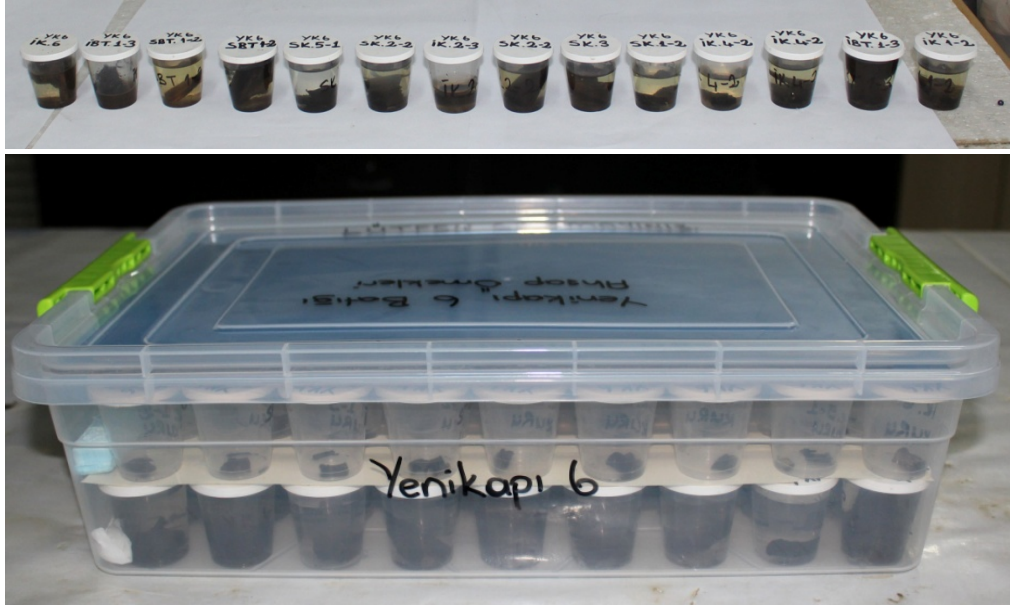
İKİNCİ BÖLÜM

YENİKAPI 6 BATIĞI AHŞAPLARININ İNCELENMESİ

2.1. Örnek Alımı

Yenikapı 6 batığının ahşaplarından, hem araziden kaldırılırken hem de laboratuvar çalışmalarında gemi elemanlarının detaylı belgeleme ve yüzey temizliği işlemleri sırasında öncelikle tarihlendirme ve odun cins/tür teşhislerinde kullanılmak üzere örnekler alınmıştır. Örnek alımında gemi elemanının mevcut formunu ve yüzeyindeki belge niteliğinde izleri bozmayacak şekilde mümkün olduğunca kırılmış, kopmuş ve uç kısımlardan, herhangi bir kesit çalışmasında verimli olacak şekil ve boyutlarda parçalar bistüri kullanılarak alınmıştır. Örnek alımı sırasında çıplak el ile ahşaba temas etmemek ve herhangi bir organik madde bulaştırmamak için eldiven kullanılmıştır.

Şekil 2.1: Örneklerin muhafaza şekillerini gösteren fotoğraflar.



Alınan her örnek medikal saklama kapları içerisine el değmeden yerleştirilmiş ve kaplar su ile doldurularak üzerleri kapatılmıştır. Kapakların üzerine ait olduğu batık adı ve parça numarasının kodu asetat kalem ile yazılmakta birlikte,

örnek kapları için hazırlanan etiketler de kaplar üzerine yapıştırılmıştır. Tüm örnekler sarsılmayacak şekilde daha büyük muhafaza kapları içine yerleştirilmiş ve biyolojik oluşum meydana gelmemesi için işlem yapılacak güne kadar 4°C sıcaklıktaki dolaplarda saklanmıştır.

2.2. Ahşap Cins-Tür Teşhisi

Bu tez çalışmasının da konusu olan Yenikapı 6 dâhil, Yenikapı batıklarına ait ahşapların cins ve tür teşhisleri “İÜ-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Orman Botaniği Ana Bilim Dalı” başkanı Prof. Dr. Ünal Akkemik tarafından gerçekleştirilmiştir.

Suya doymuş ahşabın morfolojik yapısındaki bozulmuşluğu ve yumuşaklığı sebebiyle, sağlam bir odun yapısına sahip ahşapların cins/tür teşhisi yapılırken kullanılan; kaynatarak yumuşatma, mikrotom cihazı ile istenilen mikron kalınlığında kesit alma, kesitin yabancı maddelerden arındırılması için çeşitli kimyasallarla muamele edilmesi ve boyanması teknikleri, Yenikapı Batıklarından elde edilen ahşap örneklerine uygulanamamıştır. Batıklardan elde edilen örneklerden kesit almak için keskin jiletler kullanılmış ve bu kesitler lam-lamel arasına konularak mikroskop altında incelenmiştir. Teşhislerde ilk olarak gymnosperm (iğne yapraklı ağaçlar) veya angiosperm (geniş yapraklı ağaçlar) odun özelliklerine bakılarak ahşabın ait olduğu grup belirlenmiştir. Bu saptamanın ardından enine kesit, radyal kesit ve teğet kesitlerde yıllık halka sınırları, odun paransimleri, trahe çap ve dizilişleri, öz ışınlarının yapısı, karşılaşma yeri geçit tipleri gibi birçok belirleyici özellik incelenerek sonuç tayin edilmiştir (Akkemik, 2015: 15-16).

Yenikapı 6 batığına ait toplam 62 adet suya doymuş ahşabın cins ve tür teşhisleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda, Akmeşe (Sect. *Quercus* L.), Anadolu kestanesi (*Castanea Sativa* Mill.), Adi gürgen (*Carpinus Betulus* L.), Adi ceviz (*Juglans regia* L.) ve kavak (*Populus* L.) ağaçlarının ahşapları olmak üzere beş farklı cins/tür teşhis edilmiştir (Tablo 2.1).

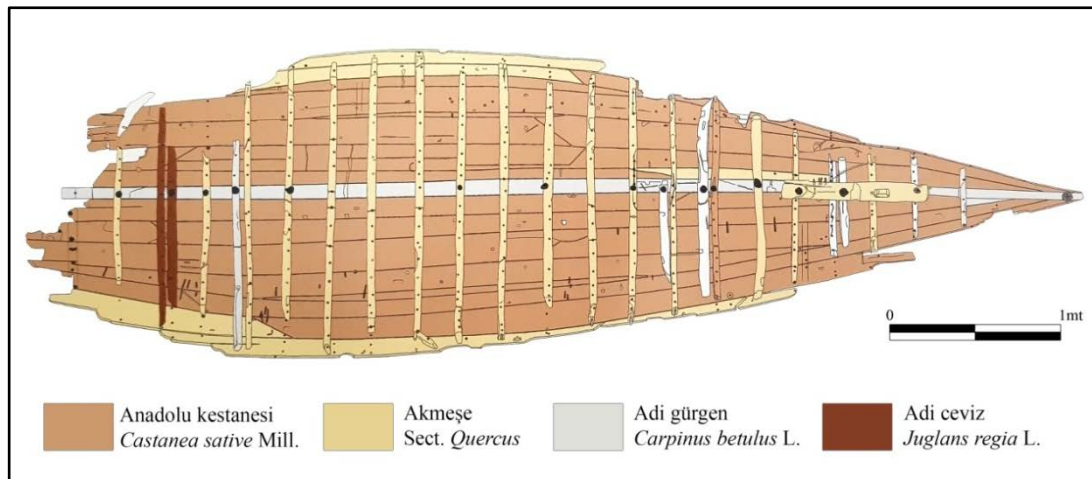
Batığın mevcut kaplamalarının çoğunda Anadolu kestanesi, mevcut eğri ve döşeklerinde de genellikle Akmeşe kullanıldığı görülmektedir. Omurga elemanı olarak ise Adi gürgen ağacının odunu tercih edilmiştir. Eğri-döşek sisteminde

kullanılmış olduğu tespit edilen iki adet ceviz ve iki adet kavak cinsindeki ahşapların onarım amaçlı kullanılmış olabileceği düşünülmektedir (Akkemik ve Kocabaş, 2014: 324, Akkemik, 2015: 27-28).

Tablo 2.1: Yenikapı 6 batığı ahşaplarının gemi elemanı cins/tür dağılımı.

Cins/Tür	Gemi elemanı kodu	Toplam
Kestane	D19, İBT1-2, İK1-1, İK1-2, İK1-3, İK2-1, İK2-2, İK2-3, İK3, İK4-1, İK4-2, İK5-1, İK2-3, SBT1-1, SK1-1, SK1-2, SK2-1, SK2-2, SK3, SK4-1, SK4-2, SK5-1,	22
Akmeşe	D1, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D13, D14, D15, D17, D20, D21, D24, E4, E6, E17, E23, E25, İBT1-1, İBT1-3, İK5-2, İK6, SK5-2, SK6-1, SK6-2, SK6-3, YOM, YY	29
Gürgen	D26, E22, E5, OM, OM1, OM3, OM5	7
Kavak	D16, D18	2
Ceviz	D2, D3	2
Genel Toplam		62

Şekil 2.2: Yenikapı 6 Batıği ahşap elemanlarının odun cins/tür dağılımı.



Kaynak: Akkemik, 2015: 26.

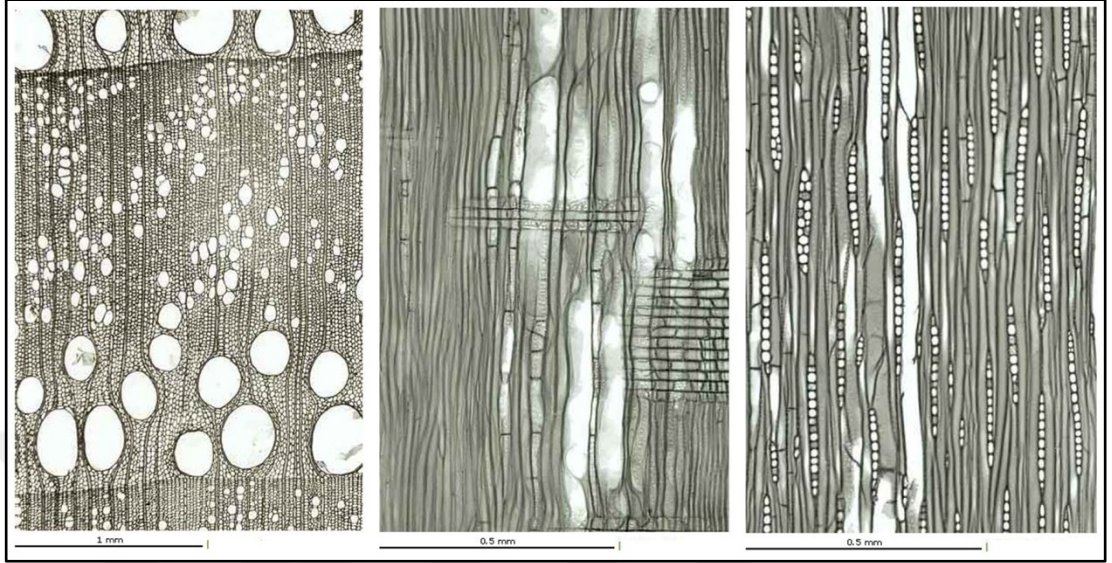
Cins/tür teşhis sonuçlarına bakıldığında Yenikapı 6 batığının günümüze kadar korunarak gelen ahşap elemanlarının angiosperm (geniş yapraklı ağaçlar)

grubunda olduğu gör÷lmektedir. Kestane (*Castanea sativa* Mill.-Anadolu kestanesi) odunu halkalı trahelidir. Enine kesitinde ilkbahar odunu traheleri büyük yaz odunu traheleri ise küçüktür, bunlar dağınık veya çapraz sıralar oluşturmaktadır. Birim alana düşen trahe sayısı ilkbahar odununda 5-20 arası, yaz odununda 40-100 arası değişen miktarlardadır. Trahe çapları ilkbahar odununda 200 µm'den büyük, yaz odununda ise 50 µm'den küçüktür. Odun paraneşim hücreleri sık, belirgin ve dağınıktır, trahe çevrelerinde halkalı dizilim veya kısa tek sıralı teğet bantlar oluşturmaktadır. Teğet kesitinde, öz ışınları ince ve tek bazen de iki sıralıdır, hücre yüksekliği 5-15 arasında değişmektedir. Radyal kesitinde perforasyon tablaları basit tiptedir. Özışınları homoselüler yapıdadır ve tamamı yatay yönde uzanan hücrelerden oluşmaktadır (Akkemik, 2022: 57).

Meşeler (*Quercus* L.) cins düzeyinde, odunları halkalı traheli veya radyal yönde şeritler halinde dağınık dizilim göstermektedir. Öz ışınlarının oldukça geniş ve trahe-öz ışını karşılaşma yeri geçitlerinin büyük ve bazı ağaçlarda dikey elipsler şeklinde form bulmasıyla ayırt edilmektedir. Perforasyon tablaları basit tiptedir. Öz ışınları tek veya çok sıralıdır, yüksekliği ise 3-4 mm kadardır. Akmeşelerde ilkbahar odunu traheleri halka şeklindedir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş çok anidir ve yaz odunu traheleri alev dili şeklinde dizilim göstermektedir (Akkemik, 2015: 175). Adi gürgen (*Carpinus Betulus* L.) odunlarında trahe diziliş dağınıktır ve trahe çapları 60-80 µm arasında değişmektedir. Traheleri tek tek veya radyal yönde 6-10 tane traheden oluşmuş küçük gruplar halinde dizilim göstermektedir. Perforasyon tablaları basit tiptedir, bazen de 3-6 arası değişen geniş bölmelidir. Öz ışınları 1-2 sıralıdır ve bileşik öz ışınları belirgin görünümündedir. Boyuna paraneşimleri oldukça yoğun, apottraheal dağınık veya teğet sıralar oluşturmaktadır (Akkemik, 2015: 159).

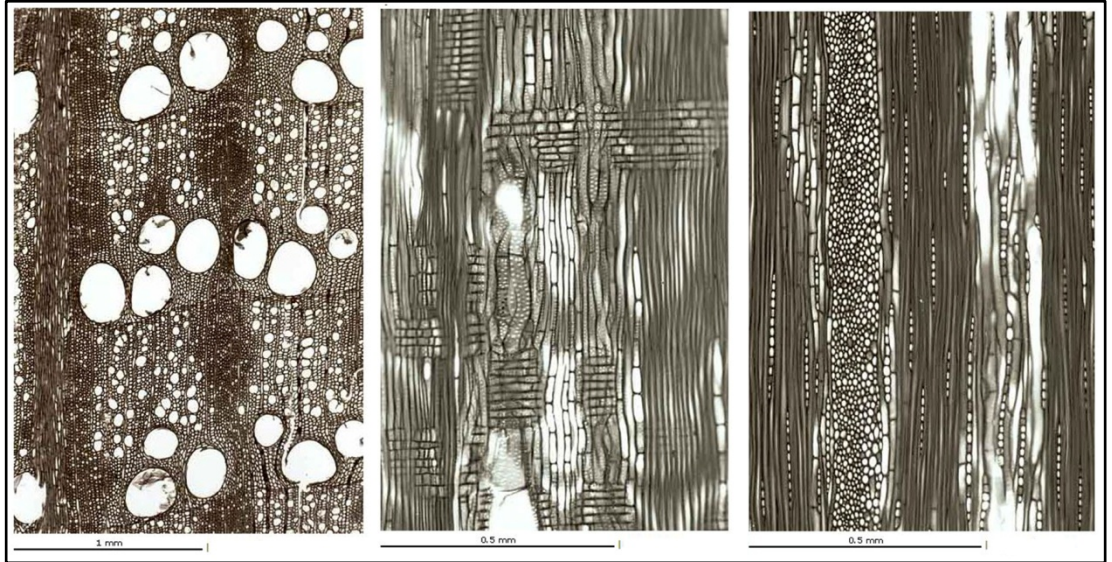
Şekil 2.3, 2.4 ve 2.5'te, yukarıda anatomik özellikleri anlatılan ve Yenikapı 6 batığı ahşaplarının büyük çoğunluğunu oluşturan kestane, meşe ve gürgen ağacı odunlarının anatomik özellikleri sırasıyla enine, radyal ve teğet kesitlerle gösterilmektedir.

Şekil 2.3: Kestane odunu anatomik yapısı (sırasıyla; enine, radyal ve teğet kesit).



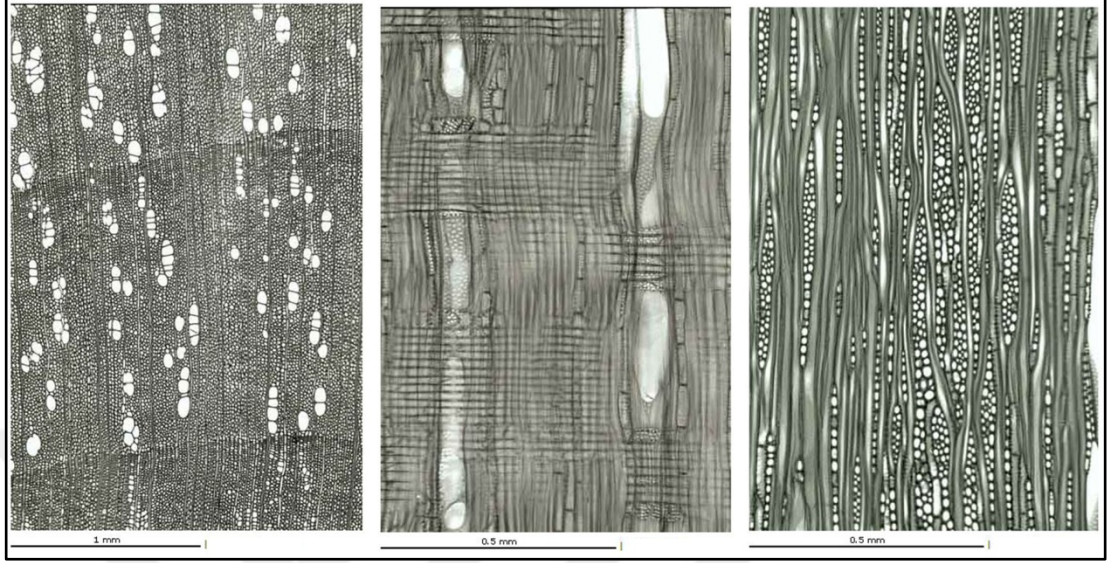
Kaynak: www.woodanatomy.ch

Şekil 2.4: Meşe odunu anatomik yapısı (sırasıyla; enine, radyal ve teğet kesit).



Kaynak: www.woodanatomy.ch

Şekil 2.5: Gürgen odunu anatomik yapısı (sırasıyla; enine, radyal ve teğet kesit).



Kaynak: www.woodanatomy.ch

2.3. Bozulma Durumlarının Tespiti

Ahşapların sulak toprak altında veya deniz altında uzun süre kalması sonucu hücre duvarlarının bileşenleri bakteriyel etki ile bozulmaya uğramaktadır. Tüm hücre boşlukları ve moleküller arası boşluklar dâhil olmak üzere ahşabın bozulan tüm elemanları su ile dolar ve gözeneklilik artar. Ahşap bünyesindeki su miktarının ölçülmesi bozulmuşluk durumu da belirlemektedir (Hamilton, 1999: 24). Suya doymuş ahşabın fiziksel bozulmuşluk durumunun belirlenmesi uygun konservasyon yöntemlerinin seçimi için oldukça önemlidir (Kılıç ve Kılıç, 2019: 146).

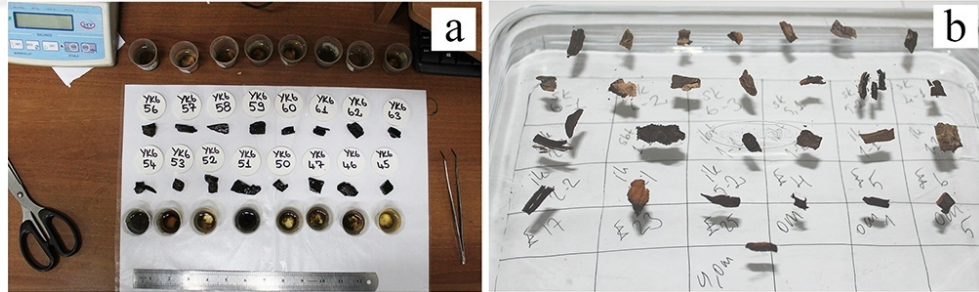
Yenikapı 6 batığına ait ahşapların maksimum su içeriği tespitleri 2012 yılında İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez ve Bölge Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplama için cins/tür teşhisi için alınan örnekler kullanılmıştır. Muhafaza edildiği süre boyunca herhangi bir kimyasal ile temas etmemiş halde özgünlüğünü koruyan ve tartım yapılabilen 23 adet ahşap örneğinin ıslak ağırlığı hassas terazi ile gram cinsinde ölçülmüş ve daha sonra 24 saat boyunca 104° C'de fırın içerisinde kurutulmuştur. Kurutma işleminin ardından örnekler desikatör içerisine alınmış ve oda sıcaklığına geldiklerinde tekrar tartılarak gram

cinsinden ağırlıkları hesaplanmıştır. Maksimum su içeriği U_{max} % değerinde aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$\%U_{max} = \frac{\text{Islak Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}}{\text{Kuru Ağırlık}} \times 100 \quad (1)$$

Suya doymuş arkeolojik ahşap konservasyonunda bu yöntem endirekt olarak korunmuşluğu ölçmede sık sık kullanılmaktadır. 1 g ve üzeri ıslak ağırlığı olmayan örneklerin hesaplama sonuçları doğru kabul edilmediğinden değerlendirmeye alınmamaktadır. Maksimum su içeriği hesaplamasında ileri derece korozyonlu numunelerin kullanılmamasına dikkat edilmiştir; çünkü ısıtma işleminde korozyon ürünlerinin ağırlığı değişmemektedir. Bu sebeple korozyonu yüksek numunelerin hesaplamaları doğru olmayan verilere işaret ettiğinden başarısız sayılmaktadır (Kılıç vd., 2021: 1051). Ahşapların maksimum su içeriği sonuçları liste halinde Tablo 2.2’de sunulmaktadır.

Şekil 2.6: Yenikapı 6 Batığı ahşap örnekleri (a: ıslak, b: kuru).



Tablo 2.2: Yenikapı 6 Batığı ahşaplarının maksimum su içerikleri.

Örnek Adı	Cins-Tür	Islak Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	U _{max} %
İBT 1-3	Akmeşe	1,25	0,11	1036
İK 1-2	Kestane	1,4	0,24	483
İK 2-3	Kestane	1,25	0,15	733
İK 4-2	Kestane	1,14	0,15	660
İK 6	Akmeşe	1,36	0,23	491
SBT 1-2	Kestane	1,2	0,17	605
SK 1-2	Kestane	1,21	0,16	656
SK 2-2	Kestane	1,45	0,16	812
SK 3	Kestane	1,45	0,27	437
SK 5-1	Kestane	1,13	0,13	769
E 4	Akmeşe	1,1	0,09	1122
E 5	Gürgen	1,03	0,1	930

Örnek Adı	Cins-Tür	Islak Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	U _{max} %
E 23	Akmeşe	1,01	0,16	531
İBT 1-1	Akmeşe	1,19	0,14	750
İBT 1-2	Akmeşe	1,58	0,14	1028
İK 1-3	Kestane	1	0,17	488
İK 2-2	Kestane	2,06	0,18	1044
İK 4-1	Kestane	1,26	0,17	641
SBT 1-1	Kestane	1,02	0,18	466
SK 4-1	Kestane	1,08	0,15	620
SK 4-2	Kestane	1,04	0,11	845
SK 6-1	Akmeşe	1,37	0,15	813
OM 1	Gürgen	1,2	0,14	757

2.4. XRF Analizleri

Tahribatsız analiz yapma imkânı sağlayan el tipi XRF cihazları son dönemlerde kültürel miras alanında sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle kükürt ve demir içerikleri olumsuz etkileri ile ahşap malzemenin uzun vadeli korunmasında önemli bir yer almaktadır. Bu sebeple bozulmaya sebebiyet verecek elementel içeriğin saptanması amacıyla suya doymuş ahşap konservasyonunda da kullanımları yaygınlaşmıştır (Fors vd., 2015: 12). Sağlamlaştırma malzemesi ile negatif etkileşim gösterebilecek elementel içerik hakkında bilgi edinmek amacıyla Yenikapı 6'ya ait 6 adet fırın kurusu ahşap örneğinin analizi yapılmıştır.

XRF analizleri, “Ankara Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürlüğü”ne kayıtlı “X-MET8000 model Hitachi marka” el tipi XRF cihazı (Şekil 2.7) ile Kimyager-Restoratör Hülya Furkan, Kimyager-Konservatör Seylan Mungan ve Kimya Mühendisi Fatma Güler eşliğinde gerçekleştirilmiştir.

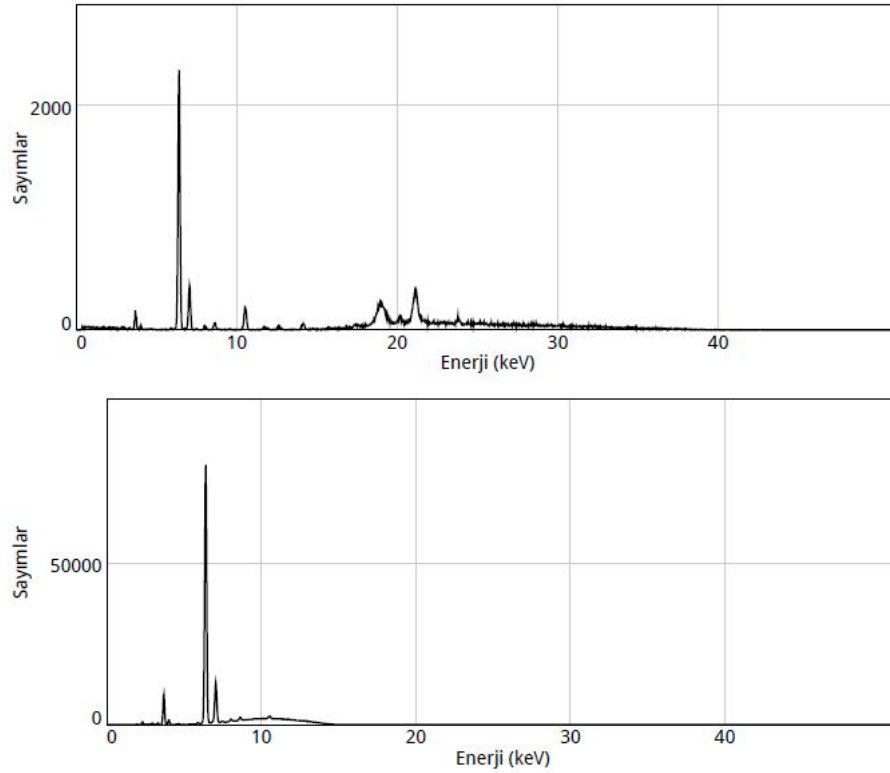
El tipi XRF Spektroskopisi analizleri sayesinde eserler/malzemeler üzerinde kısa sürede element bazında bilgi edinilmektedir. Ölçüm gerçekleştirilen örnekte bulunan tüm elementler (malzemenin yapısı, gömülü olduğu sediment içeriği, toprak bileşenleri vb.) analiz sonuçlarına yüzde (%) veya ppm biçiminde yansımaktadır.

Şekil 2.7: Hitachi marka X-MET8000 model el tipi XRF cihazı.



İki adet kestane ve dört adet akmeşe örneklerinin analiz sonucu, spektrum ve elementel içerik tablolarıyla birlikte sunulmuştur. Cihazın sonuç verisi hesaplayabilmesi için analiz edilen numune içerisinde ppm cinsinden belirli bir miktarda istenilen elementin bulunması gerekmektedir.

Şekil 2.8: E4 numaralı (akmeşe) eğri ahşap örneğinin XRF spektrumları.

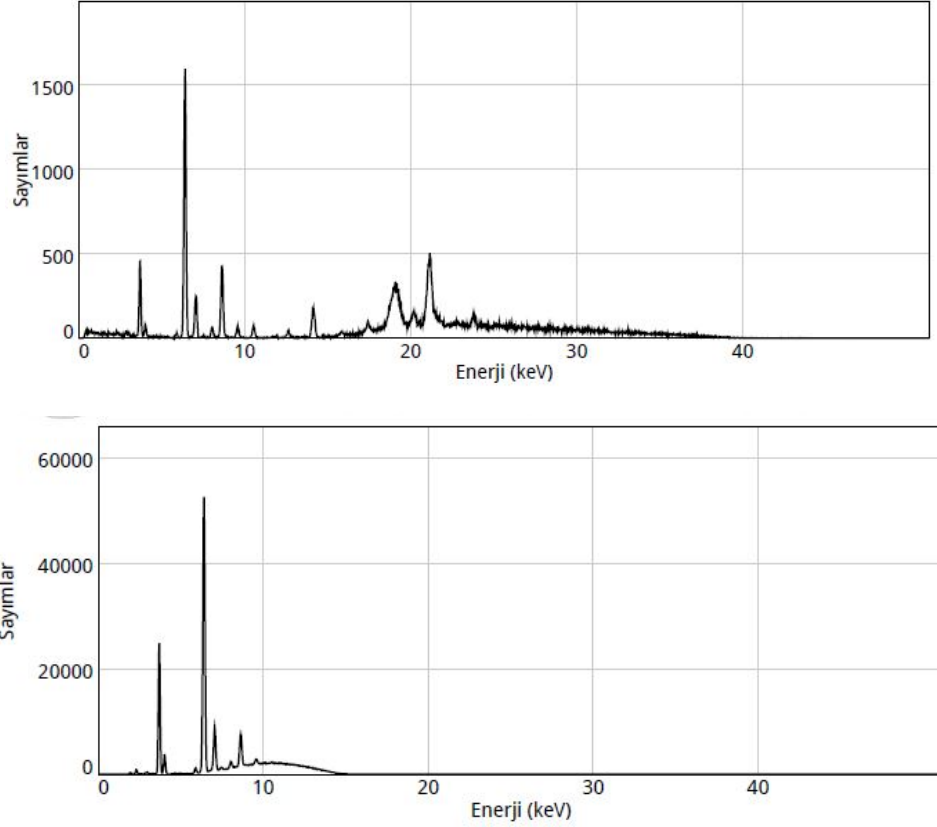


Şekil 2.8’de yer alan E4 numaralı (akmeşe) eğri ahşap örneğinin XRF spektrumları incelendiğinde, kükürt (S) elementinin varlığı, Ka 2,31 ve Kb 2,46 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile tespit edilmiş ve %5,81 olarak hesaplanmıştır. Demir (Fe) elementinin varlığı Ka 6,4 ve Kb 7.06 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile tespit edilmiş ve %3,85 olarak hesaplanmıştır. Spektrumda ayrıca Ka 3,69 ve Kb 4,01 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile örnek içerisinde kalsiyum (Ca) elementinin de varlığı tespit edilmiş ve %3,65 olarak hesaplanmıştır. E4 örneği üzerinde tespit edilen başlıca elementlerin yüzdesel dağılımı Tablo 2.3’de yer almaktadır.

Tablo 2.3: E4 numaralı örnekte XRF analizi ile tespit edilen elementler.

Element	S	Fe	Ca	K	Mn	Zn
%	5,81	3,85	3,65	0,26	0,03	0,03

Şekil 2.9: İK 2-3 numaralı (kestane) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumları.

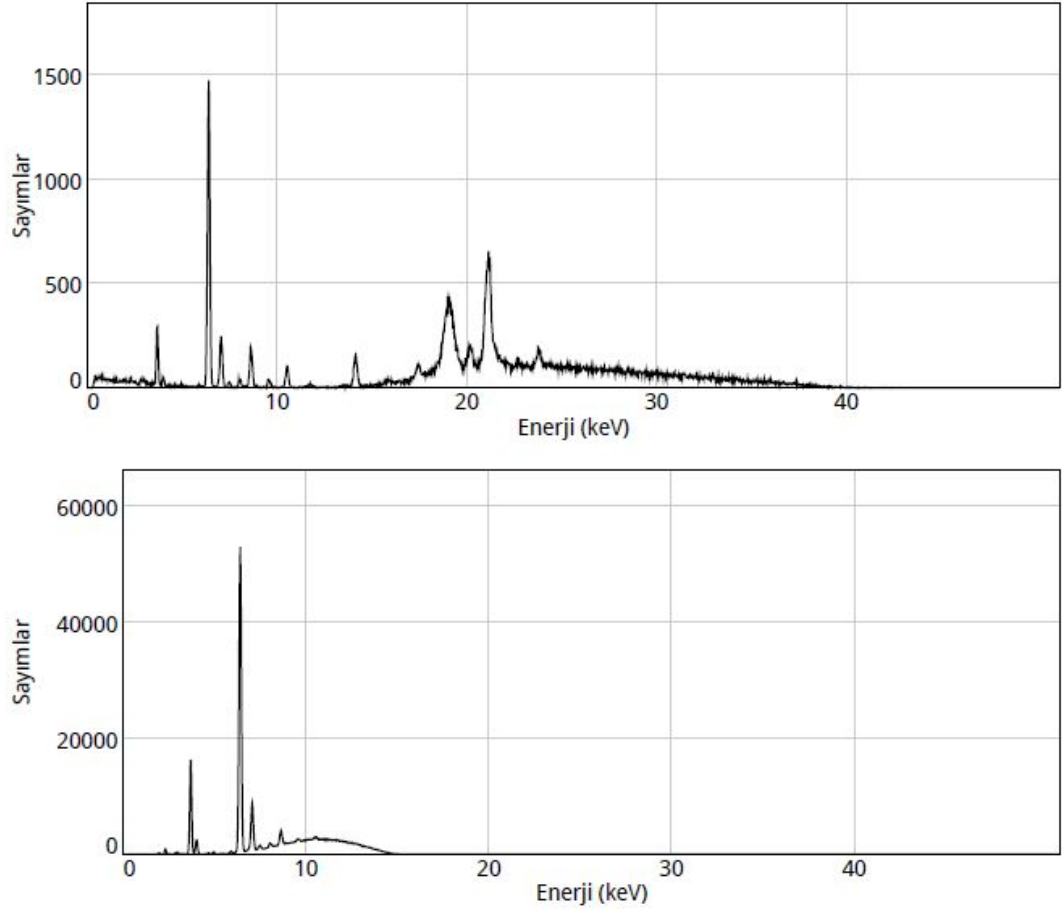


Şekil 2.9’da yer alan İK 2-3 numaralı (kestane) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumları incelendiğinde, kükürt (S) elementinin varlığı, Ka 2,31 ve Kb 2,46 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile tespit edilmiş ve %5,46 olarak hesaplanmıştır. Demir (Fe) elementinin varlığı Ka 6,4 ve Kb 7.06 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile tespit edilmiş ve %2,98 olarak hesaplanmıştır. Spektrumda ayrıca Ka 3,69 ve Kb 4,01 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile örnek içerisinde kalsiyum (Ca) elementinin de varlığı tespit edilmiş ve %9,43 olarak hesaplanmıştır. İK 2-3 örneği üzerinde tespit edilen başlıca elementlerin yüzdesel dağılımı Tablo 2.4’de yer almaktadır.

Tablo 2.4: İK 2-3 numaralı örnekte XRF analizi ile tespit edilen elementler.

Element	S	Fe	Ca	K	Mn	Zn
%	5,46	2,98	9,43	0,04	0,08	0,22

Şekil 2.10: İK6 numaralı (akmeşe) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumu.

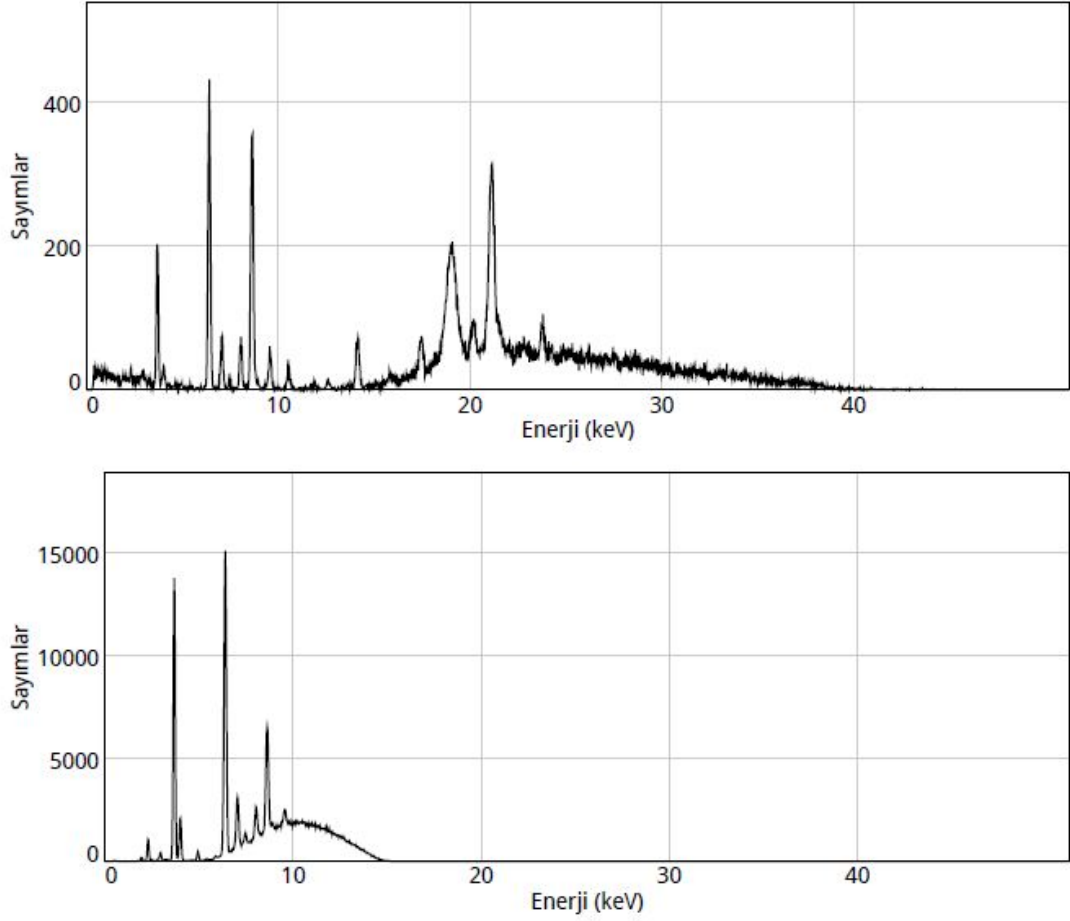


Şekil 2.10’da yer alan İK6 numaralı (meşe) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumu incelendiğinde, kükürt (S) elementinin varlığı, Ka 2,31 ve Kb 2,46 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile tespit edilmiş ve %5,99 olarak hesaplanmıştır. Demir (Fe) elementinin varlığı Ka 6,4 ve Kb 7.06 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile tespit edilmiş ve %2,60 olarak hesaplanmıştır. Spektrumda ayrıca Ka 3,69 ve Kb 4,01 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile örnek içerisinde kalsiyum (Ca) elementinin de varlığı tespit edilmiş ve %6,42 olarak hesaplanmıştır. İK6 örneği üzerinde tespit edilen başlıca elementlerin yüzdesel dağılımı Tablo 2.5’te yer almaktadır.

Tablo 2.5: İK6 numaralı örnekte XRF analizi ile tespit edilen elementler.

Element	S	Fe	Ca	K	Mn	Zn
%	5,99	2,60	6,42	0,05	0,03	0,09

Şekil 2.11: SK5-2 numaralı (akmeşe) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumları.

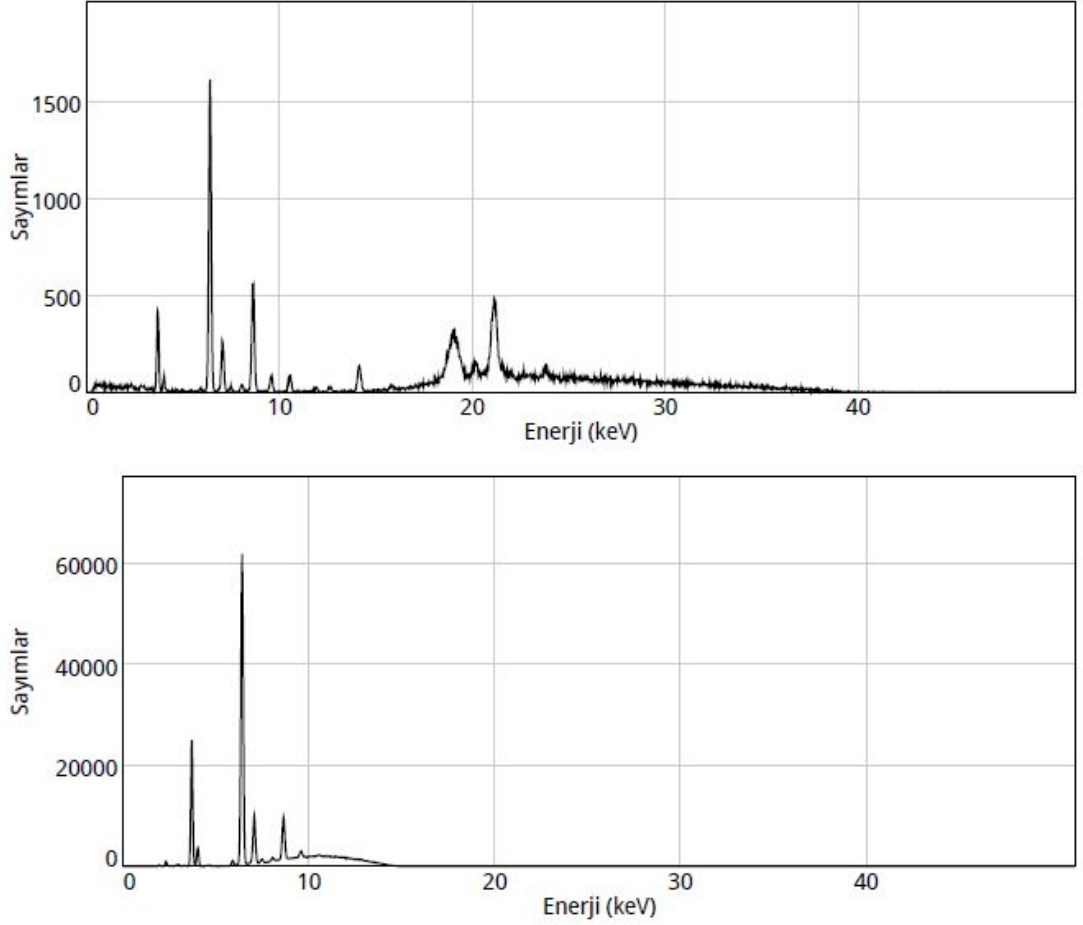


Şekil 2.11’de yer alan SK5-2 numaralı (akmeşe) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumu incelendiğinde, kükürt (S) elementinin varlığı, Ka 2,31 ve Kb 2,46 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile tespit edilmiş ve %7,26 olarak hesaplanmıştır. Demir (Fe) elementinin varlığı Ka 6,4 ve Kb 7.06 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile tespit edilmiş ve %0,74 olarak hesaplanmıştır. Spektrumda ayrıca Ka 3,69 ve Kb 4,01 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile örnek içerisinde kalsiyum (Ca) elementinin de varlığı tespit edilmiş ve %5,44 olarak hesaplanmıştır. SK5-2 örneği üzerinde tespit edilen başlıca elementlerin yüzdesel dağılımı Tablo 2.6’da yer almaktadır.

Tablo 2.6: SK 5-2 numaralı örnekte XRF analizi ile tespit edilen elementler.

Element	S	Fe	Ca	K	Ni	Zn
%	7,26	0,74	5,44	0,04	0,01	0,15

Şekil 2.12: SK6-1 numaralı (akmeşe) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumları.

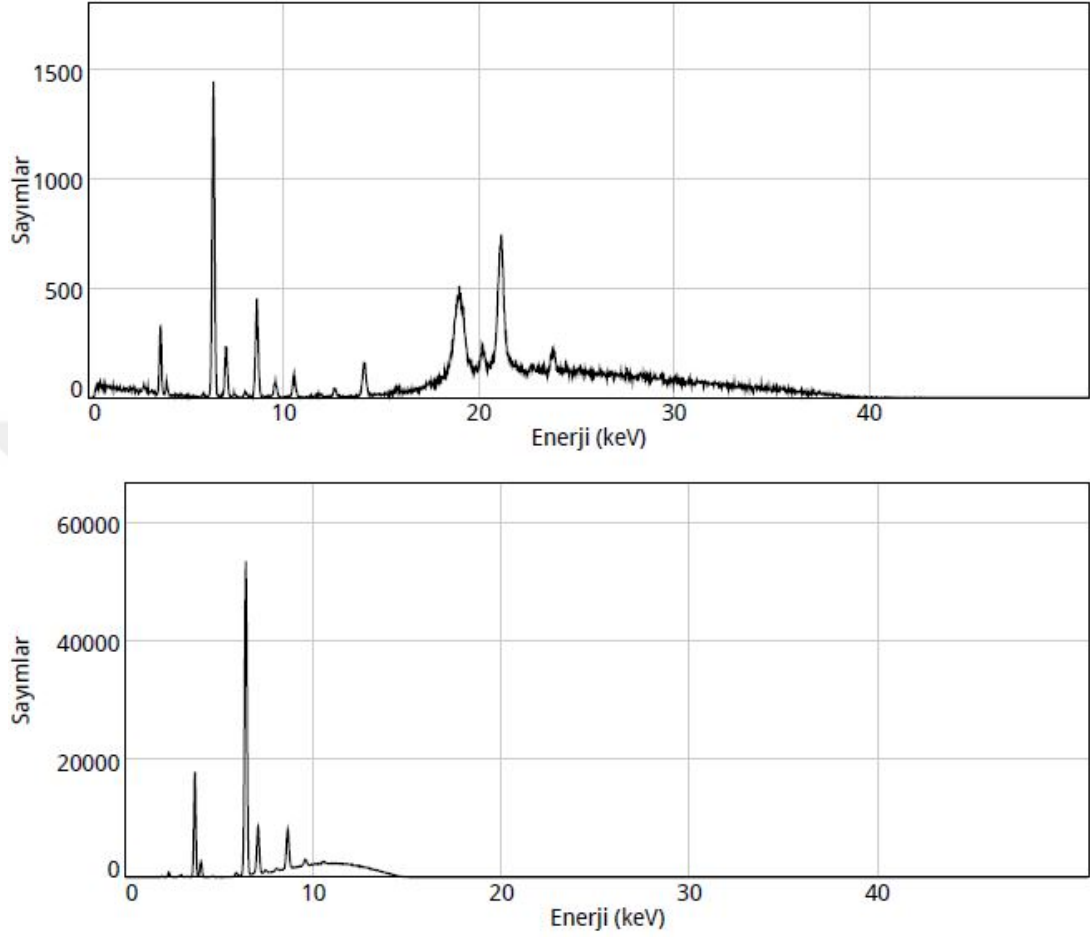


Şekil 2.12’de yer alan SK6-1 numaralı (akmeşe) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumu incelendiğinde, kükürt (S) elementinin varlığı, Ka 2,31 ve Kb 2,46 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile tespit edilmiş ve %6,73 olarak hesaplanmıştır. Demir (Fe) elementinin varlığı Ka 6,4 ve Kb 7.06 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile tespit edilmiş ve %3,15 olarak hesaplanmıştır. Spektrumda ayrıca Ka 3,69 ve Kb 4,01 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile örnek içerisinde kalsiyum (Ca) elementinin de varlığı tespit edilmiş ve %9,75 olarak hesaplanmıştır. SK6-1 örneği üzerinde tespit edilen başlıca elementlerin yüzdesel dağılımı Tablo 2.7’de yer almaktadır.

Tablo 2.7: SK6-1 numaralı örnekte XRF analizi ile tespit edilen elementler.

Element	S	Fe	Ca	K	Mn	Zn
%	6,73	3,15	9,75	0,10	0,05	0,29

Şekil 2.13: İK1-2 numaralı (kestane) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumu.



Şekil 2.13’de yer alan İK 1-2 numaralı (kestane) kaplama ahşap örneğinin XRF spektrumu incelendiğinde, kükürt (S) elementinin varlığı, Ka 2,31 ve Kb 2,46 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile tespit edilmiş ve %6,17 olarak hesaplanmıştır. Demir (Fe) elementinin varlığı Ka 6,4 ve Kb 7.06 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile tespit edilmiş ve %2,67 olarak hesaplanmıştır. Spektrumda ayrıca Ka 3,69 ve Kb 4,01 enerji seviyelerinde görülen iki pik ile örnek içerisinde kalsiyum (Ca) elementinin de varlığı tespit edilmiş ve %7,02 olarak hesaplanmıştır. İK1-2 örneği üzerinde tespit edilen başlıca elementlerin yüzdesel dağılımı Tablo 2.8’de yer almaktadır.

Tablo 2.8: İK1-2 numaralı örnekte XRF analizi ile tespit edilen elementler.

Element	S	Fe	Ca	K	Mn	Zn
%	6,17	2,67	7,02	0,09	0,05	0,21

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YENİKAPI 6 BATIĞININ BOZULMUŞLUK DURUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KONSERVASYON ÖNERİSİ

3.1. Yenikapı 6 Batığı Ahşaplarının Değerlendirilmesi

Yenikapı 6 batığına ait toplamda 62 farklı gemi elemanına ait ahşap örnek üzerinde gerçekleştirilen cins ve tür tayininde; batığa ait mevcut kaplamaların çoğunluğu dâhil 22 adet kestane, mevcut eğrilerin çoğunluğu dâhil 29 adet akmeşe, omurga dâhil 7 adet gürgen ve onarım elemanı olduğu düşünülen 4 adet eğriden ikisi kavak diğer ikisi ise ceviz olarak teşhis edilmiştir. Teşhis edilen cinsler geniş yapraklı ağaç olduklarından dolayı anatomik yapılarında iğne yapraklı ağaç odunlarından farklı olarak trahelere sahiptirler ve bu sayede su iletim kanalları çam cinsi odunlara göre daha geniştir. Bu durum sıvı malzemelerin iç yapısına nüfuz etmesi bakımından avantaj sağlamaktadır. Kestane ve meşe cinsi ağaç odunlarının tanenli olması ahşaplara biyolojik bozulmalara karşı bir nevi korunma sağlamaktadır. Ancak demirli metaller tanenli ahşap ile temas ettiğinde ahşapta renk değişimi meydana gelmektedir. Bu değişim kestane ile temasta açık gri, meşe ve ceviz ile temasta mavi griden siyaha kadar değişen renklerde olabilmektedir (Unger vd., 2001: 46).

Suya doymuşluk oranları maksimum nem içeriği formülü ile tespit edilen ahşapların odun cinslerine göre ortalama $U_{max}(\%)$ değerleri meşe cinsi için 824, kestane cinsi için 661 ve gürgen cinsi için 843 olarak hesaplanmıştır. Meşe, kestane ve gürgen cinsi örneklerinin kendi aralarındaki ortalama hesaplaması ile elde edilen değerler bu ahşapların su içeriğinin %400'ün üzerinde olduğunu, dolayısıyla birinci sınıf bozulmuşluk seviyesine olduklarını göstermektedir (Hamilton, 1999: 24). Birinci seviye tespit edilen ahşapların odun dokusunun ciddi hasar gördüğü ve selüloz miktarının oldukça azaldığı, ahşap elemanın sadece iç kısımlarında miktarı az olan sağlam bir odun dokusu bulunduğu kabul edilmektedir (Erdin, 2009: 217). Son dönemlerde yapılan çalışmalarda ahşap yapısında bu derece meydana gelen

bozulmaların başlıca kaynağının bakteri ve mantar gibi mikrobiyolojik etmenler olduğu ortaya konmuştur (Björðdal ve Nilsson, 2001: 17).

Yenikapı 6 ahşapları üzerinde el tipi XRF cihazı ile elementel içerikleri hakkında bilgi edinmek amacıyla gerçekleştirilen analizler sonucunda demir (Fe) ve kükürt (S) elementlerinin varlığının yanı sıra düşük orandaki kül elementlerin de varlığı tespit edilmiştir. Ahşap örnekleri üzerinde gerçekleştirilen el tipi XRF analizi sonuçlarında %0,74-3,85 arası değişken oranlarda demir (Fe), %5,46-7,26 arası değişken oranlarda kükürt (S) ve %3,65-9,75 arası değişken oranlarda kalsiyum (Ca) başlıca elementler olarak tespit edilmiştir. Arkeolojik ahşabın bünyesindeki demir oranı, konservasyon işlemleri açısından önem arz etmektedir. Bulunduğu ortam şartlarında demir indirgenerek demir II sülfür (pirit) gibi mineral formlara dönüşebilmektedir. Bu mineraller oksidasyona uğradığında sülfirik asit açığa çıkmakta ve ahşabın yapısındaki polisakkaritlerin hidrolize olmasına sebep olmaktadır (Erdin, 2009: 41).

Birçok farklı batıktan elde geçen suya doymuş ahşaplarda gerçekleştirilen analizler sırasında incelenen tüm örneklerin anormal sayılabilecek kadar yüksek bir seviyede kül mineral içeriğine sahip olması dikkat çekici olmuştur. Bazı örneklerde suya doymuş ahşap yapısında, sağlam ahşabınkinden 20 kat daha fazla değerlerde inorganik bileşenler tespit edilmiştir. Kül içerik oranının artması suya doymuş arkeolojik ahşapların bir özelliği olarak kabul edilmektedir. Ancak ahşabın gömülü kaldığı toprak ve sediment içerisinde fiziksel durumunda meydana gelen çatlaklar ve bozulmalarla birlikte bu hatlarda içeri süzülerek ahşap bünyesine nüfuz eden bileşenler de göz ardı edilmemelidir (Kim ve Singh, 2000: 150). Zaman içerisinde hem mikrobiyolojik hem de fiziksel olarak bozulmaya uğrayan odunun morfolojik yapısındaki değişimler sebebiyle porozite artışı ile doğru orantılı olarak emiciliği de artmaktadır. Ahşabın yüzeyine temas eden malzemeler veya yer altı sularının hareketliliği ile çeşitli mineral ve elementler de ahşap bünyesine girerek burada hapsolabilmektedir.

Yenikapı 6 batığına ait ahşaplarda gerçekleştirilen analizler sonucu demir ve kükürten daha düşük yüzdeler ile sonuçlara yansıyan elementlerin ve ayrıca

kalsiyum (Ca) gibi elementlerin, odunun kimyasal yapısındaki kül mineral içeriğinden veya ahşapların yüzyıllarca gömülü kaldığı sediment ortamından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca denizlerde, göllerde veya karada yaşayan ve fotosentez yaparak yaşamını sürdüren organizmalar arasında biyomineralizasyon yaygın görülen bir süreçtir, bu süreç sonucunda ise ürün olarak kalsiyum karbonat oluşmaktadır (Serdar ve Demiray, 2012: 386). Odun yapısında hücre duvarlarında yapı elemanı olarak bulunan kalsiyumlu bileşiklerin, bazı mantar türleri tarafından metabolizma artışı olarak üretilen oksalik asidin doygunluğa ulaşması sonucunda genellikle kalsiyum oksalat olarak çökelediği bilinmektedir. Suyu doymuş ahşaplarda da bozulmaya yol açan ve *Basidiomycete* grubunda olan esmer ve beyaz çürüklük mantarlarının kalsiyum oksalat kristalleri ürettiği bilinmektedir (Connolly vd., 1996: 385-386).

Ahşabın inorganik içeriği olarak kabul edilen kül mineraller, özellikle yüksek silisyum içeren odunlarda daha yüksek miktarlarda olmakla birlikte genellikle odun yapısındaki inorganik içerik %0,5'ten az olmaktadır. Ağacın büyümesi için gerekli olan bu inorganik iyonlar kökler aracılığıyla topraktan emilir ve ağaç boyunca birçok hücreye taşınmaktadır. Kül mineraller az miktarlarda olmasına rağmen, çok çeşitli elementler içermektedirler. Bu elementlerden kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve potasyum (K) odun külünün %80'ini oluşturmaktadır ve genellikle oksalat, karbonat, sülfat formlarında veya odunun içeriğinde karboksil gruplara bağlı olarak bulunmaktadır (Rowell vd., 2012: 47). Ca, K, Mg, Al, Fe, Na, Mn, P ve S kül minerallerin majör elementleridir. As, Ba, B, Cd, Cu, Cr, Mo, Hg, Ni, V ve Zn ise bunlar içerisinde tespit edilmiş iz elementlerdir. Ağacın yetiştiği toprak yapısının kimyasal içeriğine göre bu inorganik bileşenlerde çeşitli farklı elementler de bulunabilmektedir (Karlton vd., 2008: 82).

Günümüze kadar korunarak gelebilmiş mevcut uzunluğu 620 cm, genişliği 190 cm olan Yenikapı 6 küçük bir ticaret veya balıkçı teknesi olarak tanımlanmaktadır. 2010-2011 yılları laboratuvar notlarında eğri sisteminde ve yelken yatağında toplam 268 adet demir alaşımlı çivi bulunduğu tespit edilmiştir. Bu çiviler uzun süre maruz kaldığı ortam şartları sebebiyle yüksek derecede korozyona uğramış durumdadır. Detaylı belgeleme çalışmalarında çekilmiş fotoğraflar da

incelendiğinde, bazı çivilerin korozyon ürünlerinin aşırı tabakalaşması sonucu ahşap elemanın bütünlüğünü bozacak şekilde parça kayıplarına sebep olduğu tespit edilmiştir. Bu çivilerin ahşap dokusuna hem yüzeysel hem de derinlemesine işlemiş geniş çaplı korozyon ürünleri analiz sonuçlarına yansıyan demir elementi varlığının birincil sebebi olarak görülmektedir.

Suya doymuş ahşap malzemelerin içeriğinde ileri teknik analizlerle varlığı tespit edilen ve bulunduğu ortam şartlarında indirgenmiş formdaki kükürt bileşenlerinin birikmiş olmasının sebepleri, bu alanda çalışmalar gerçekleştiren uzmanlar tarafından da son yıllarda detaylı olarak incelenmektedir. Çünkü bu bileşenler konservasyon işlemlerinin tamamlanmasının ardından da ahşaplar üzerinde negatif etkiler yaratabilmektedirler. Örneğin, konservasyon işlemleri sonrasında Vasa'nın ahşapları yüzeyinde tespit edilen sülfat tuzlarının, sulu polietilen glikol emdirilen ahşaplarda büyük miktarda ve indirgenmiş olarak bulunan sülfürün aerobik oksidasyonunun sonucu olarak meydana geldiği tespit edilmiştir. Deniz suyunda dağınık halde bulunan sülfat iyonlarının, ortamda bulunan oksijenin yetersiz olmasıyla birlikte organik maddeleri metabolize ederek indirgeyen sülfat indirgeyici bakteriler tarafından hidrojen sülfite dönüştürülmektedir. Çözünen hidrojen sülfitin ise ortamda serbest halde bulunan demir iyonları veya organik maddelerin içeriği ile reaksiyona girerek odun dokusu içerisinde farklı tipte katı kükürt tiplerine dönüşmesi, kükürt bileşenlerinin kaynağı olarak görülmektedir (Sandström vd., 2004: 2). Yenikapı 6 batığı ahşapları analiz sonuçlarında görülen kükürt (S) elementinin kaynağının da bu açıklamalardaki benzer unsurlar olduğu düşünülmektedir.

Yenikapı batıklarına ait ahşaplar üzerinde gerçekleştirilmiş elementel analizleri içeren diğer çalışmalar incelendiğinde; Yenikapı 8, 12, 16, 18, 20, 21, 27, 29 ve 31 batıklarında da kükürt (S) ve demir (Fe) elementlerinin varlığının çeşitli XRF cihazları ile tespit edilmiş olduğu görülmektedir (Kılıç, 2017a: 89, Öztürk, 2021: 82, Akgün, 2020: 62). Bu çalışmalara ek olarak Yenikapı 12 batığı üzerinde sülfür ve demir bileşenlerinin ileri teknik analizleri gerçekleştirilerek, analiz sonuçlarında zaman içerisinde hidratlaştığı düşünülen rozenit ve melanterit formundaki demir sülfatların varlığı da tespit edilmiştir (Kılıç vd., 2023: 8). Yenikapı

12 ahşaplarında gerçekleştirilen ileri teknik analizleri detaylarıyla anlatan çalışmada demir ve kükürt bileşenlerinin kaynağına dair bilgiler bulunmaktadır. Deniz ortamında batıklarda bulunan demir korozyon ürünlerine, batıkla birlikte batan demir çiviler ve metal objelerin neden olduğu söylenmektedir. Anoksik ortamlarının düşük seviyede redoks potansiyeline sahip olduğu ve hidrojen sülfürün sülfat indirgeyen bakteriler sebebiyle çoğaldığı bilgisi yer almaktadır. Bu koşullar altında demir elementleri ile girilen reaksiyonlar sonucu demir sülfidler de meydana gelebilmektedir. Suyu doymuş ahşapların analizlerinde görülen yüksek kükürt oranlarının, ahşapların anaerobik şartlar altında kalmasıyla alakalı olduğu düşünülmektedir. Değişken oksijen seviyelerin de kükürt bileşenlerinin artmasında rol oynadığının düşünüldüğü açıklanmıştır (Kılıç vd., 2023: 1-2).

3.2. Yenikapı 6 Batığı Konservasyon Önerisi

Suyu doymuş ahşap konservasyonunda kullanılacak yöntemi seçerken bir takım unsurlar değerlendirilmelidir. Bunların başlıcaları; yöntemin kalıntının su çekmemiş halinin görüntüsünü sağlaması ile birlikte uygulama sonrası fiziksel, biyolojik ve kimyasal durağanlığa sahip olmasıdır. Ayrıca sergileme ve depolama ortamına karşı dayanıklı olması, maliyeti, hızı, zorlukları veya zararları, güvenilirliği ve geri alınabilirlik özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır (Kocabaş, 1998: 51).

Kazılarda ele geçen; mızrak, ikon, denizcilikte kullanılan bir makara veya benzeri birçok buluntu küçük obje olarak tanımlanabilmekte ve az yer kaplamaktadır. Ancak batıklarda gün yüzüne çıkarılan kaplamalar, eğriler, döşekler, sancak direkleri ve omurga gibi birçok gemi/tekne elemanı şüphesiz ki kütleli anlamda diğerlerine nazaran çok daha fazla yer kaplamaktadır. Küçük objeler uygun saklama kaplarında çok kolay bir şekilde muhafaza edilebilirken, gemi elemanları için büyük, derin ve geniş havuzlar/tanklar inşa ve imal edilmelidir. Bu durum batık gemilerin konservasyon sürecindeki maliyeti de arttırmaktadır. Bununla birlikte doğru orantılı olarak kullanılacak sağlamlaştırma malzemesinin de maliyeti artmaktadır. Küçük objeler için gram miktarlarda yeterli olan kimyasal malzemeler, herhangi bir gemi elemanının sağlamlaştırılması söz konusu olduğunda onlarca kilogramlara ulaşabilmektedir. Bütün olarak bakıldığında bir batık gemi için tonlarca kimyasal

malzeme kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple sağlamlaştırma amaçlı kullanılacak emdirme malzemesi seçiminde hem yüksek verim hem de uygun maliyeti düşünmek yerinde olacaktır. Yenikapı 6 batığı için sağlamlaştırma malzemesi olarak PEG uygun görülmektedir.

Dünyada ve ülkemizde gerçekleştirilen büyük ölçekli suya doymuş ahşap konservasyonunda yerinden kaldırma işleminden sonra ilk olarak tuzdan arındırma işleminin yapıldığı görülmektedir. Çözünebilir tuzların oksidatif etkileri ve tuzların nem çekme özelliğinden etkilenmemesi amacıyla ahşaplar emdirme işleminden önce uzun süren tuzdan arındırma süreçlerinden geçirilmektedir. Yenikapı’da batıklar üzerindeki sediment tabakası temizlenmeye başlayacağı andan itibaren kurumayı önlemek amacıyla batığın etrafına kurulan çadırlar içerisinde atomize su püskürtme işlemi aynı zamanda ilk tuzdan arındırma işlemi görevi de görmüştür.

Yenikapı 6, arazide gerçekleştirilen belgeleme çalışmalarının tamamlanmasının ardından omurgası ve omurgasına bağlı haldeki altı adet kaplaması kütle halinde, diğer kaplamaları negatif kalıp yöntemi kullanılarak kaldırılmıştır. Ahşaplar özel kasalar içerisinde taşınarak “Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı”nda bulunan içi su dolu paslanmaz çelik havuzlara yerleştirilmiştir. Havuzlardaki ilk ölçümlerde 1000 ppm üzeri olan çözünebilir tuz miktarı yaklaşık 380 ppm tuzluluk değerindeki çeşme suyu ile sürekli kontrol ve değişim yapılarak düşürülmüştür. Bu süreç içerisinde ahşap malzemede bakteri ve mantar kaynaklı biyolojik aktivitenin sebep olacağı bozulmaların engellenmesi amacıyla havuzdaki su içerisine 1/1000 oranında biyositler düzenli olarak eklenmiştir (Kocabaş vd., 2020: 39). Bu sayede Yenikapı 6 olası mikrobiyolojik bozulmaların önüne geçilerek tuzdan arındırma sürecini sağlıklı bir şekilde tamamlamıştır.

Yenikapı batıklarında tuzdan arındırma işlemlerinin ardından her bir gemi elemanı kapalı laboratuvar ortamındaki ıslak çalışma alanına taşınmakta ve korozyon ürünlerinin uzaklaştırılması işlemleri yapılmaktadır. Ahşaplarda gerekli görülen mekanik temizliğin ardından %5 oranında disodyum EDTA ve %5’lik oksalik asit (w/v) tampon yapma tekniği ile uygulanmaktadır. Yenikapı 6 ahşaplarına da bu

uygulama yapıldıktan sonra ahşaplar saf su içerisinde bekletilerek kimyasal fazlasından arındırılmışlardır (Kocabaş ve Özsait-Kocabaş, 2023: 1887).

Yenikapı 6'da tahribatsız analiz ile el tipi XRF cihazından elde edilen elementel ön teşhis bilgileri demir ve kükürt bileşenlerinin tipine ve yayılımına dair nihai bir değerlendirme için yeterli olmamaktadır. Ahşaplardaki korozyon ve kükürt bileşenlerin tür ve niteliğini anlamak için XRD/X-Işını Kırınım gibi bileşiklerin kristal yapısını sunan analizlerinin gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Bu analizlerle elde edilecek veriler ileriki dönemlerde ahşaplarda karşılaşılabilecek olası problemler için referans olma özelliği taşıyacaktır.

Gerçekleştirilen araştırmalarda yüksek molekül ağırlığındaki PEG'ler kullanılarak oluşturulan çözeltilerde bozulmuş ahşap içerisine yeteri kadar nüfuz edememe durumu tespit edilmiştir. Düşük molekül ağırlığındaki PEG çözeltilerinin ise düşük konsantrasyonlarda ileri seviyede elektrokimyasal ortam oluşturduğu ve bu ortamda korozyon ürünlerinin ahşaplarda bozulmalar meydana getirdiği tespit edilmiştir. El tipi XRF sonuçlarına göre Yenikapı 6 ahşapları demir ve kükürt içermektedir. Maksimum su içeriği hesaplamasına göre ise çoğunluğu birinci derece bozulmuşluk seviyesindedir. Bu bilgiler göz önünde bulundurulduğunda, sağlamlaştırılmasında orta ve üzeri molekül ağırlığında tercih edilecek PEG çözeltilerinin kullanımı uygun görülmektedir. PEG emdirme süresince çözelti içerisine eklenecek biyositler mikrobiyolojik oluşumların önüne geçecektir. Molekül ağırlığı seçiminde Yenikapı batıkları konservasyonunda prosedürün bir parçası olarak gerçekleştirilen ahşapların yoğunluk tespitleri yol gösterici olmuş ve Yenikapı 6 PEG 2000 çözeltisi ile emdirme işlemine alınmıştır. 2023 yılı itibariyle konsantrasyonun %40'a ulaştığı bilgisi mevcuttur (Kocabaş ve Özsait-Kocabaş, 2023: 1887).

PEG ile ön emdirme işleminin ardından kurutma işleminde, odun hücre yapısında çökme ve büzölmelerin önüne geçtiği için bu alanda kullanımından en çok verim alınabilen dondurarak kurutma yöntemi önerilmektedir. Bu yöntemin verimli olabilmesi için ön emdirmede %35-45 bir konsantrasyona ulaşılması gerektiği konuya dair yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. "İstanbul Üniversitesi

Yenikapı Batıkları Projesi Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı’nda bulunan cihazlarla gerçekleştirilecek dondurarak kurutma sonrasında ahşapların sergileneceği güne kadar sıcaklığı 18-22°C, bağıl nemi ise %45-55 olan bir ortamda muhafaza edilmesi ve periyodik olarak gözlemlenmesi önerilmektedir.



SONUÇ

Yenikapı Kurtarma Kazıları 2004-2014 yılları arasında İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü yönetiminde gerçekleştirilmiştir. Kazı alanında Osmanlı'dan Neolitik Döneme uzanan kültürel tabakalarda mimari kalıntılar ve on binlerce buluntu ile birlikte Bizans Dönemine tarihlenen 37 adet batık gemi gün yüzüne çıkarılmıştır. İstanbul Üniversitesi, gemi kalıntılarıyla birlikte ele geçen suya doymuş ahşapların konservasyonu ve restorasyonu için iki laboratuvar kurmuştur. Araziden kaldırılan batıklardan 31 adedinin bilimsel çalışma ve konservasyon işlemleri "İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Sualtı Kültür Kalıntılarını Koruma Anabilim Dalı"nda Yenikapı Batıkları Projesi kapsamında Prof. Dr. Ufuk Kocabaş başkanlığında sürdürülmektedir. Kazılar kapsamında bilimsel çalışmaların büyük çoğunluğu üniversitenin çeşitli anabilim dalları tarafından gerçekleştirilmiştir. İstanbul Arkeoloji Müzeleri'nden sonra alanda en büyük sorumluluğu üstlenen ekibin İstanbul Üniversitesi'ne ait olduğu görülmektedir.

Yenikapı 6 batığı bulunduğu tabaka itibariyle MS 10. yüzyıla tarihlendirilmiştir. Küçük bir ticaret veya balıkçı teknesi olarak tanımlanan batığın ahşapları suya doymuş niteliktedir. Gemi elemanlarının 62 adedi üzerinde gerçekleştirilen cins/tür teşhislerinde 22 adet kestane, 29 adet akmeşe, 7 adet gürgen, 2 adet kavak ve 2 adet ceviz belirlenmiştir. Ahşap örnekleri üzerinde yapılan maksimum su içeriği hesaplamasında hepsinin birinci derecede bozulmuş durumda olduğu tespit edilmiştir. Bozulmuşluğun başlıca sebepleri mikrobiyolojik aktivite ile kimyasal süreçler olarak belirlenmiştir.

El tipi XRF cihazı kullanılarak ahşaplardaki demir ve kükürt içeriği tespit edilmiştir. Ayrıca kül mineral veya gömülü kaldığı sediment kaynaklı olduğu düşünülen elementler de analiz sonuçlarında yer almıştır. Demir elementinin başlıca kaynağının gemi yapımında eğri sisteminde çok sık aralıklarla kullanılmış ve oluşturduğu korozyon tabakaları belgeleme çalışmalarında kayıt altına alınmış demir alaşımlı metal çiviler olduğu sonucuna varılmıştır. Kükürt elementi kaynağı olarak ise oksijensiz ortamda sülfat indirgeyen bakterilerin deniz suyundaki serbest sülfat

iyonlarını hidrojen sülfite dönüştürmesi, çözünen hidrojen sülfitin serbest halde bulunan demir iyonları veya organik madde içerikleriyle reaksiyona girerek odun dokusu içinde farklı kükürt tiplerinde katılaşması olduğu düşünülmektedir. Yenikapı Batıkları Projesi kapsamında ahşaplardaki bu bileşenlerin mineral tipine dair ileri teknik analizleri içeren bilimsel çalışmalar bu konuda net bir sonuca varılmasına olanak sağlayacaktır.

Analiz sonuçlarıyla elde edilen veriler ahşapların tuzdan arındırma ve korozyon ürünlerinin uzaklaştırılması süreçlerinin önemini ortaya koymaktadır. “Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı”nda bu işlemler yeterli teçhizat ve çalışma alanı sayesinde uzman ekiplerce sağlıklı şekilde yürütülmektedir. Yenikapı 6 için de önerilen PEG ön emdirmesi paslanmaz çelik havuzlar içerisinde gerçekleşen ahşapların daha sonra dondurarak kurutma süreçleri gerçekleştirilmektedir.

Tez kapsamında dünya çapında ve ülkemizde bilimsel çevrelerin konuya dair gerçekleştirdiği çalışmalar incelenmiştir. Suya doymuş ahşap konservasyonu, kalıntının kazı alanında keşfedildiği andan sergileneceği güne kadar geçen sürede çok aşamalı ve multidisipliner bakış açısı gerektiren uzun bir süreç olarak tanımlanabilmektedir. Ahşabın ayrışma sürecinin, ormanlık ekosistemlerin devam eden işleyişi için gerekli bir süreç olduğu bilinmektedir. Aynı şekilde metaller de doğal süreçlerinde ayrıştırılarak doğaya geri dönme eğilimindedir. Ancak bu sistemler kültürel miras olarak nitelendirilen kalıntıların korunmasında çeşitli sorunlar yaratmaktadır. Bunların önüne geçebilmek veya çözüm üretebilmek için teşhis ve tespit edilmeleri gerektiği görülmektedir. Bu bağlamda konservasyon alanında tahribatlı ve tahribatsız ileri teknik analiz cihazlarının kullanılmasının önemi de ortaya çıkmıştır.

Konservasyon sırasında veya sonrasında düzenli aralıklarla yapılan analizler, seçilen konservasyon yönteminin işe yarayıp yaramadığı konusunda bilgi almak ve vakit kaybetmeden gerekli önlemlerin alınabilmesi için gerekli görülmektedir. Ahşap malzemenin yapısını, ona etki eden potansiyel çürüme mekanizmalarını ve bu mekanizmaları değerlendirmek ve izlemek için

kullanılabilecek uygun teknikleri anlamak ve uygulamak arkeologlar, konservatörler ve kültürel miras yönetimi uzmanları için önem teşkil etmektedir. Bu bağlamda süreç içerisinde ahşapların ileri teknik analiz cihazlarıyla incelenmesi kullanılan tekniğin işlevselliği hakkında yol gösterici ve karar verdirtici olmaktadır.

Yenikapı batıkları değişken gemi yapım tekniklerine, bir çok ahşap cins/türüne ve farklı bozulmuşluk durumlarına sahip olan, kondisyon ve öznellik bakımından yüksek çeşitlilik gösteren aynı zamanda dünyanın en büyük Orta Çağ Bizans gemi koleksiyonudur. Batıklar üzerinde gerçekleştirilen koruma işlemlerine dair yayınlanacak bilimsel veriler dünya çapında suya doymuş ahşap konservasyonunda ileriki dönemlerde gerçekleştirilecek olan birçok çalışmaya referans olma niteliği taşıyacaktır.

KAYNAKÇA

AFSHAR, R.,
ALAVYOON, N.,
AHLGREN, A.,
GAMSTEDT, E.K.,
2021

“Full Scale Finite Element Modelling and Analysis of the 17th-century Warship Vasa: A Methodological Approach and Preliminary Results”, **Engineering Structures** (231), s. 1-16, DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111765

AKGÜN, C., 2020

Yenikapı 29 Batığının Bozulma Nedenlerinin Araştırılması ve Koruma Önerisi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

AKKEMİK, Ü., 2015

Woods of Yenikapı Shipwrecks, Yenikapı Shipwrecks Volume II / Yenikapı Batıklarının Ahşapları, Yenikapı Batıkları Cilt II, Ege Yayınları, İstanbul

AKKEMİK, Ü., 2022

Ahşap Anatomisi ve Dendrokronoloji, Koruma Akademisi Yayınları, İstanbul.

AKKEMİK, Ü.,
KOCABAŞ, U., 2014

“Woods of Byzantine Trade Ships of Yenikapı (İstanbul) and Changes in Wood Use From 6th to 11th Century”, **Mediterranean Archaeology and Archaeometry**, 14(2), s. 317-327.

ALGAN, O.,
YALÇIN, M.N.,
YILMAZ, İ., KIRICI-
ELMAS, E., SARI,
E., ONGAN, D.,
BULKAN-
YEŞİLADALI, Ö.,
PERİNÇEK, D.,
ÖZDOĞAN, M.,
YILMAZ, Y.,
KARAMUT, İ., 2010

“Antik Theodosius Limanı’nın (Yenikapı) Jeo-Arkeolojisi”, **İstanbul Arkeoloji Müzeleri 1. Marmaray-Metro Kurtarma Kazıları Sempozyumu Bildiriler Kitabı 5-6 Mayıs 2008**, Ed. Ufuk Kocabaş, İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü, s. 175-180.

ALMKVIST, G.,
2008

The Chemistry of Vasa- Iron, Acids and Degradation, Faculty of Natural Resources and Agricultural Science Department of Chemistry, İsveç Üniversitesi Yayınlanmamış Doktora Tezi.

ALTINANIT-KİRİK,
F.E., 2021

“Suya Doymuş Ahşap Eserlerde Polietilen Glikol Uygulaması Öncesi Demir ve Sülfür Bileşiklerinin Ahşaplardan Uzaklaştırılmasının Önemi”, **TINA Denizcilik Arkeolojisi Dergisi**, 15, s. 34-57.

BABINSKI, L., 2007

“Influence of Pre-Treatment on Shrinkage of Freeze-Dried Archaeological Oak-wood”, **ACTA Scientiarum Polonorum**, Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 6(4), s. 89-99.

BABINSKI, L., 2011

“Investigation on Pre-treatment Prior to Freze-drying of Archaeological Pine Wood with Abnormal Shrinkage Anisotropy”, **Journal of Archaeological Science**, 38, s. 1709-1715.

BALTAŞ, Ş.,
ALTUN, Ş. (ed.),
2014

Hayalden Gerçeğe Bir İstanbul Öyküsü: Marmaray, Gama Holding, Ankara.

BARALDI, B.B.,
SHOUP, D.D., ZAN,
L., 2017

“When Megaprojects Meet Archaeology: A Research Framework and Case Study From Yenikapi, Istanbul”, **International Journal of Cultural Policy**, s.1-22. DOI:10.1080/10286632.2017.1343307

BAŞARAN, S.,
KOCABAŞ, U.,
ÖZSAİT-KOCABAŞ,
I., YILMAZ, R., 2008

“Türkiye’nin İlk Ulusal Gemi Konservasyon ve Rekonstrüksiyon Laboratuvarı”, **The ‘Old Ships’ of The’ New Gate’ Vol. I/ Yenikapı’nın Eski Gemileri Cilt I**, Ed. Ufuk Kocabaş, Ege Yayınları, İstanbul, s. 187-200.

- BJÖRDAL, C.G., 2012 "Microbial Degradation of Waterlogged Archaeological Wood" , **Journal of Cultural Heritage**, Vol. 13, s. 118-122, DOI: 10.1016/j.culher.2012.02.003.
- BJÖRDAL, C.G., NILSSON, T., 2001 "Waterlogged Archaeological Wood- A Substrate for White Rot Fungi During Drainage of Wetlands", **International Biodeterioration & Biodegradation**, 50, Sweden, s. 17-23.
- BJÖRDAL, C.G., NILSSON, T., DANIEL, G., 1999 "Microbial Decay of Waterlogged Archaeological Wood Found in Sweden", **International Biodeterioration & Biodegradation**, 43, Sweden, s. 63-73.
- BLANCHETTE, R. A., 2000 "A Review of Microbial Deterioration Found in Archaeological Wood From Different Environments", **International Biodeterioration & Biodegradation**, 46, s. 189-204.
- BOZKURT, A.Y., ERDİN, N., 2000 **Odun Anatomisi**, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın:466, İstanbul.
- BRODA, M., HILL, C.A.S., 2021 "Conservation of Waterlogged Wood-Past, Present and Future Perspectives", **Forests**, 12:1193, s. 1-55, DOI: 10.3390/f12091193.
- BRODA, M., MAZELA, B., 2017 " Application of Methyltrimethoxysilane to Increase Dimensional Stability of Waterlogged Wood", **Journal of Cultural Heritage**, 25, s. 149-156.

CESAR, T.,
DANEVCIC, T.,
KAVKLER, K.,
STOPAR, D., 2017

“Melamine Polymerization in Organic Solutions and Waterlogged Archaeological Wood Studied by FTIR Spectroscopy”, **Journal of Cultural Heritage**, 23, s. 106-110.

CHEN, C., KUANG,
Y., ZHU, S.,
BURGERT,
I., KEPLINGER, T.,
GONG, A., LI, T.,
BERGLUND, L.,
EICHHORN, S.J.,
HU, L., 2020

“Structure–Property–Function Relationships of Natural and Engineered Wood”, **Nature Reviews Materials**, 5, s. 642-666, DOI: 10.1038/s41578-020-0195-z.

CHRISTENSEN, M.,
KUTZKE, H.,
HANSEN, F. K.,
2012

“New Materials Used for the Consolidation of Archaeological Wood-Past Attempts, Present Struggles, and Future Requirements”, **Journal of Cultural Heritage**, 13S, s.183-190.

COLSON, A., 2020

“Bremen Cog: Konservasyon tarihçesi (1962-2019)/The Bremen Cog: Conservation History (1962-2019)”, **TINA Denizcilik Arkeolojisi Dergisi (14)**, s. 176-191.

CONNOLLY, J. J.,
ARNOTT, H. J.,
JELLISON, J., 1996

“Patterns of Calcium Oxalate Crystal Production by Three Species of Wood Decay Fungi”, **Scanning Microscopy**, Vol.10, No. 2, USA, s. 385-400.

ERDİN, N., 2009

Ahşap Konservasyonu, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın:492, İstanbul.

FLORIAN, M. E.,
1990

“Scope and History of Archaeological Wood”, Ed. R. J. Barbour, R. M. Rowell, **Archaeological Wood Advances in Chemistry**, American Chemical Society, Washington, DC, s. 3-32.

- FORS, Y., GRUDD, H., RINDBY, A., BORNMALM, L., 2015
 "X-Ray Fluorescence for Cultural Heritage: Scanning Biochemical Fingerprints in Archaeological Shipwrecks", **Spectroscopy Europe**, 27:1, s. 11-13.
- GREGORY, D., JENSEN, P., STRAETKVERN, K., 2012
 "Conservation and In-situ Preservation of Wooden Shipwrecks from Marine Environments", **Journal of Cultural Heritage**, 13, s. 139-148.
- GUILMINOT, E., DALARD, F., DEGRINGY, C., 2002
 "Mechanism of Iron Corrosion In Water-Polyethylene Glycol (PEG) 400 Mixtures", **Corrosion Science**, 44, s. 2199-2208.
- HAMILTON, D.L., 1999
Methods of Conserving Archaeological Material from Underwater Sites, Revision Number 1 January 1, Conservation of Archaeological Resources 1, Texas A&M University, Texas.
- HOCKER, E., 2020
 "Kimyasal ve Fiziksel Dayanıklılığa Doğru: İsveç Savaş Gemisi Vasa'nın Koruma ve Araştırma Çalışmalarına Dair Bir Özet/Towards Chemical and Physical Stability: A Summary of the Preservation and Research on the Swedish Warship, Vasa", **TINA Denizcilik Arkeolojisi Dergisi (13)**, s. 12-45.
- HOCKER, E., ALMKVIST, G., SAHLSTEDT, M., 2012
 "The Vasa Experience with Polyethylene Glycol: A Conservator's Perspective", **Journal of Cultural Heritage**, 13, s. 175-182.
- HOFFMANN, P., 2001
 "To Be and to Continue Being a Cog: The Conservation of the Bremen Cog of 1380", **The International Journal of Nautical Archaeology**, 30.1, s. 129-140.
- HON, D. N. S., SHIRAISHI, N., 2001
Wood and Cellulosic Chemistry, Second Edition, Revised and Expanded, Marcel Dekker, New York.

JONES, S. P. P.,
SLATER, N. K. H.,
JONES, M., WARD,
K., SMITH, A. D.,
2009

“Investigating the Process Necessary for Satisfactory Freeze-drying of Waterlogged Archaeological Wood”, **Journal of Archaeological Science**, 36, s. 2177-2183.

KAHANOV, Y.,
1997

“Wood Conservation of the Ma’agan Mikhael Shipwreck”, **The International Journal of Nautical Archaeology**, 26.4, s. 316-329.

KARAMANİ-
PEKİN, A. (ed.),
2007

Gün Işığında: İstanbul’un 8000 yılı. Marmaray, Metro ve Sultanahmet Kazıları, Vehbi Koç Vakfı, İstanbul.

KARLTUN, E.,
SAARSALMI, A.,
INGERSLEV, M.,
MANDRE, M.,
ANDERSSON, S.,
GAITNIEKS, T.,
OZOLINCIUS, R.,
VARNAGIRYTE-
KABASINSKIENE,
I., 2008

“Wood Ash Recycling – Possibilities And Risks”, **Sustainable Use of Forest Biomass for Energy Managing Forest Ecosystems**, vol 12, s. 79-108, DOI: 10.1007/978-1-4020-5054-1_4.

KILIÇ, A.G., 2013

Yenikapı Batıkları İçin Kurulacak Müzede sergileme, Koruma-Bakım ve Depolama Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Olarak Araştırılması, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

KILIÇ, A.G., 2017a

Yenikapı Batıklarında Sülfür Ve Demir Analizi, Dağılımı Ve Ahşaplardan Uzaklaştırılması, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi.

KILIÇ, A.G., KILIÇ,
N., AKGÜN, C.,
2021

“The Importance of Using Multiple Analyses Techniques to Determine the Physical Condition of the Waterlogged Wood Near the Corroded Parts”, **Wood Research**, 66(6), s. 1046-1054.

- KILIÇ, A.G., KILIÇ, N., ARNOLD, D.C., 2023 “Analyses of Sulfur and Iron in Waterlogged Archaeological Wood: The Case of Polyethylene-Glycol-Treated Yenikapı 12 Shipwreck”, **Forests**, 14, 530, DOI: 10.3390/f14030530
- KILIÇ, N., 2015 “Çamaltı Burnu 1 Batığının Konservasyonu”, **Art-Sanat**, 4, s.39-52.
- KILIÇ, N., 2016 “Conservation of A Group of Frames From YK 16 Shipwreck”, **Art-Sanat**, 6, s. 85-97.
- KILIÇ, N., 2017b **Yenikapı Batıklarının Korunmasında Polietilen Glikol Ön Emdirmesi-Vakumlu Dondurarak Kurutma Yönteminin Değerlendirilmesi**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi.
- KILIÇ, N., 2017c “YK 3 Batığına Ait İleri Derecede Bozulmuş Bir Grup Suya Doymuş Ahşabın Konservasyonu”, **Art-Sanat**, 8, s. 139-151.
- KILIÇ, N., KILIÇ, A.G., 2019 “Physical Properties for the Characterization of Waterlogged Archaeological Woods of Eight Yenikapı Shipwrecks from Byzantine Period”, **Mediterranean Archaeology and Archaeometry**, Vol. 19 (2), s. 133-148.
- KIM, Y. S., SINGH, A.P., 2000 “Micromorphological Characteristics of Wood Biodegradation in Wet Environments: A Review”, **IAWA Journal**, Vol.21 (2), s. 135-155.

- KIZILTAN, Z., 2010 “Marmaray-Metro Projeleri kapsamında Yapılan, Yenikapı, Sirkeci ve Üsküdar Kazıları”, **İstanbul Arkeoloji Müzeleri 1. Marmaray-Metro Kurtarma Kazıları Sempozyumu Bildiriler Kitabı 5-6 Mayıs 2008**, Ed. Ufuk Kocabaş, İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü, s. 1-16.
- KIZILTAN, Z., 2014a “Marmaray-Metro Projeleri ve Yenikapı Arkeolojik Kurtarma Kazıları”, **Colloquium Anatolicum XIII**, Türk Eskiçağ Bilimleri Enstitüsü, s. 11-43.
- KIZILTAN, Z., 2014b “Marmaray-Metro Projesi Kurtarma Kazıları: Yenikapı, Sirkeci ve Üsküdar İstasyonları Arkeoloji Çalışmaları ve İstanbul’un Sekiz Bin Yılı”, **Hayalden Gerçeğe Bir İstanbul Öyküsü: Marmaray**, Ed. Şöhret Baltaş, Şafak Altun, Gama Holding, Ankara, s. 54-80.
- KIZILTAN, Z., ASAL, R., 2014 **Fotoğraflarla Kazı Günlüğü (2004-2014) İstanbul Marmaray - Metro Ulaşım Projesi Arkeolojik Kazıları**, İstanbul Arkeoloji Müzeleri Yayını, İstanbul.
- KLAASSEN, R. K. W. M., 2014 “Speed of Bacterial Decay in Waterlogged Wood in Soil and Open Water”, **International Biodeterioration & Biodegradation**, Vol. 86, s. 129-135.
- KOCABAŞ, U., 1998 **Arkeolojik Sualtı Kalıntılarının Konservasyonu**, Norm Ajans, İstanbul.
- KOCABAŞ, U. (ed), 2008 **The ‘Old Ships’ of The’ New Gate’ Vol. I/ Yenikapı’nın Eski Gemileri Cilt I**, Ege Yayınları, İstanbul.

- KOCABAŞ, U., 2009 “Sualtı Kalıntılarının Konservasyonu” ders notları.
- KOCABAŞ, U. (ed.), 2010 **İstanbul Arkeoloji Müzeleri 1. Marmaray-Metro Kurtarma Kazıları Sempozyumu Bildiriler Kitabı 5-6 Mayıs 2008**, İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü, İstanbul.
- KOCABAŞ, U., 2010 “İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Projesi: Gemiler”, **İstanbul Arkeoloji Müzeleri 1. Marmaray-Metro Kurtarma Kazıları Sempozyumu Bildiriler Kitabı 5-6 Mayıs 2008**, Ed. Ufuk Kocabaş, İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü, s. 23-33.
- KOCABAŞ, U., 2015a “The Yenikapı Byzantine-Era Shipwrecks, Istanbul, Turkey: a preliminary report and inventory of the 27 wrecks studied by Istanbul University”, **The International Journal of Nautical Archaeology**, 44.1, s. 5-38.
- KOCABAŞ, U., 2015b **Geçmişe Açılan Kapı: Yenikapı Batıkları**, Ege Yayınları, İstanbul.
- KOCABAŞ, U., 2020 “Yenikapı Arkeoloji Kazıları, İstanbul’un Tarihine Işık tutuyor”, (Çevrimiçi) <https://www.youtube.com/watch?v=qVsUNPaFnRc&t=64s>, 16.04.2023.
- KOCABAŞ, U., KILIÇ N., ASAL, R., 2020 “Geçmiş Yaşatmak: Yenikapı Batıkları/Keeping The Past Alive: The Yenikapı Shipwrecks”, **TINA Denizcilik Arkeolojisi Dergisi (14)**, s. 14-55.

KOCABAŞ, U.,
ÖZSAİT-KOCABAŞ,
I., 2023

“Comparative Analysis of Lifting from On-Site and Conservation of the Yenikapı Shipwrecks”, **Heritage** 2023, 6, s. 1871-1890, DOI: 10.3390/heritage6020100

KOCABAŞ, U.,
YILMAZ, R., 2008

“Gemi Elemanlarının Demonte Edilmesi”, **The ‘Old Ships’ of The’ New Gate’ Vol. II/ Yenikapı’nın Eski Gemileri Cilt I**, Ed. Ufuk Kocabaş, Ege Yayınları, İstanbul, s. 73-95.

LUCEJKO, J. J.,
McQUEEN, C. M.
A., SAHLSTEDT,
M., MODUGNO, F.,
COLOMBINI, M. P.,
BRAOVAC, S., 2021

“Comparative Chemical Investigations of Alum Treated Archaeological Wood from Various Museum Collections”, **Heritage Science**, 9:69, s. 1-17, DOI: /10.1186/s40494-021-00517-0

LYKKE, S.,
BELKAYA, H., 2005

“Marmaray Project: The Project and Its Management”, **Tunnelling and Underground Space Technology**, 20, s. 600-603.

MORTENSEN, N.
M., EGSGAARD, H.,
HVILSTED, S.,
SHASHOUA, Y.,
GLASTRUP, J.,
2007.

“Characterisation of the Polyethylene Glycol Impregnation of the Swedish Warship Vasa and one of the Danish Skuldelev Viking Ships”, **Journal of Archaeological Science**, 34, s. 1211-1218.

NEWSOM, L., 2022

Wood in Archaeology (Cambridge Manuals in Archaeology), Cambridge: Cambridge University Press, DOI:10.1017/9781107280335

NYUGEN, T. D.,
KOHDZUMA, Y.,
ENDO, R.,
SUGIYAMA, J.,
2018

“Evaluation of Chemical Treatments on Dimensional Stabilization of Archeological Waterlogged Hardwoods Obtained From the Thang Long Imperial Citadel Site, Vietnam”, **Journal of Wood Science**, 64, s. 436-443.

ONAR, V.,
PAZVANT, G.,
ARMUTAK, A.,
ALPAK, H.,
KARAMUT, İ,
GÖKÇAY, M., 2010

“Yenikapı Metro ve Marmaray Kazılarında Ortaya Çıkarılan Hayvan İskelet Kalıntılarının Ön İnceleme Sonuçları”, **İstanbul Arkeoloji Müzeleri 1. Marmaray-Metro Kurtarma Kazıları Sempozyumu Bildiriler Kitabı 5-6 Mayıs 2008**, Ed. Ufuk Kocabaş, İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü, s. 223-232.

ONAR, V.,
PAZVANT, G.,
ALPAK, H., GEZER
İNCE, N.,
ARMUTAK, A.,
KIZILTAN, Z., 2013

“Animal Skeletal Remains of the Theodosius Harbour: General Overview”, **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences** 37, s. 81-85.

ONAR, V.,
CHROSZCZ, A.,
PORALDOWSKI,
D., GEZER İNCE,
N., POLAT, M.A.,
ASAL, R., 2022

“Computed Tomography and Osteological Examination of the Nuchal Perforations in Byzantine Cattle Skulls”, **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences** 46, s. 764-778..

OYBAK-DÖNMEZ,
E., 2010

“İstanbul Marmaray ve Metro Kazılarında Yapılan Arkeobotanik Çalışmaları”, **İstanbul Arkeoloji Müzeleri 1. Marmaray-Metro Kurtarma Kazıları Sempozyumu Bildiriler Kitabı 5-6 Mayıs 2008**, Ed. Ufuk Kocabaş, İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü, s. 233-248.

ÖZSAİT-KOCABAŞ,
I., 2008

“Belgeleme: Ahşabı Okumak”, **The ‘Old Ships’ of The’ New Gate’ Vol. I/ Yenikapı’nın Eski Gemileri Cilt I**, Ed. Ufuk Kocabaş, Ege Yayınları, İstanbul, s. 37-72.

ÖZSAİT-KOCABAŞ,
I., KOCABAŞ, U.,
2008

“Yenikapı Batıklarında Teknoloji ve Konstrüksiyon Özellikleri: Bir Ön Değerlendirme”, **The ‘Old Ships’ of The’ New Gate’ Vol. I/ Yenikapı’nın Eski Gemileri Cilt I**, Ed. Ufuk Kocabaş, Ege Yayınları, İstanbul, s. 97-186.

ÖZSAİT-KOCABAŞ,
H.I., 2022

Yenikapı 12: An Early Medieval Merchantman/Erken Orta Çağ Ticaret Teknesi, Ege Yayınları, İstanbul.

ÖZTEK, Ç. (ed.),
2013

Saklı Limandan Hikayeler: Yenikapı Batıkları, İstanbul Arkeoloji Müzeleri Yayını, İstanbul.

ÖZTÜRK, S., 2021

Yenikapı 16 Batığının Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Bozulmalarının Değerlendirilmesi ve Koruma Önerisi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

PIVA, E., 2017

Conservation of a Tudor Warship: Investigating the Timbers of the Mary Rose, Portsmouth University.

POURNOU, A., 2020

Biodeterioration of Wooden Cultural Heritage, Organisms and Decay Mechanisms in Aquatic and Terrestrial Ecosystems, Springer Nature Switzerland AG.

ROWELL, R. M.,
PETTERSEN, R.,
TSHABALALA, M.
A., 2012

“Cell Wall Chemistry”, **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**, CRC Press, s.33-72, DOI: 10.1201/b12487-5.

SANDSTRÖM, M.,
FORS, Y.,
JALILEHVAND, F.,
DAMIAN, E.,
GELIUS, U., 2004

“Analyses of Sulfur and Iron in Marine-archaeological Wood”, **Proceedings of 9th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials (WOAM) Conference**, Copenhagen, s.181-202.

SERDAR, B.,
DEMİRAY, H., 2012

“Calcium Oxalate Crystal Types in Three Oak Species (Quercus L.) in Turkey”, **Turkish Journal of Biology**, 36, s.386-393, DOI: 10.3906/biy-1109-35.

UNGER, A.,
SCHNIEWIND, A.
P., UNGER, W.,
2001

Conservation of Wood Artifacts, Springer-Verlag
Berlin Hiedelberg.

WACHSMANN, S.,
RAVEH, K.,
COHEN, O., 1987

“The Kinneret Boat Project Part 1. The Excavation and Conservation of the Kinneret Boat”, **The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration**, (16.3), s. 233-245.

WALSH-KORB, Z.,
AVEROUS, L., 2019

“Recent Developments in the Conservation of Materials Properties of Historical Wood”, **Progress in Materials Science**, 102, s. 167-221.

WIEDENHOEFT, A.,
2010

“Structure and Function of Wood”, **Wood handbook : Wood as an Engineering Material**, bölüm 3. Centennial ed. General technical report FPL ; GTR-190. Madison, WI : U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, s. 1-18.

<https://en.natmus.dk/>

www.dsm.museum

www.britainexpress.com

<https://mushecht.haifa.ac.il/>

www.woodanatomy.ch