

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SUALTI KÜLTÜR KALINTILARINI KORUMA
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİKAPI 16 BATIĞI'NIN 3 BOYUTLU DİJİTAL
MODELLEME ÇALIŞMASI

Hilal Sümeyye GÜLER

2501180856

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Işıl ÖZSAİT-KOCABAŞ

İSTANBUL – 2022

ÖZ

YENİKAPI 16 BATIĞI'NIN 3 BOYUTLU DİJİTAL MODELLEME ÇALIŞMASI HİLAL SÜMEYYE GÜLER

2004-2013 yılları arasında Yenikapı'daki Metro-Marmaray aktarma istasyonu için gerçekleştirilen kazı çalışmalarında Theodosius Limanı dolgusu içerisinde MS 5.-10. yüzyıllar arasına tarihlendirilen 37 adet batık gemi kalıntısı gün ışığına çıkarılmıştır. Söz konusu 37 batık, Dünya'nın bilinen en geniş Orta çağ batık koleksiyonunu oluşturmaktadır. İstanbul Üniversitesi Sualtı Kültür Kalıntılarını Koruma Anabilim Dalı tarafından, Prof. Dr. Ufuk Kocabaş başkanlığında yürütülen Yenikapı Batıkları Projesi kapsamında bu batıklardan 27 adedi, detaylı belgellemeleri ve *in situ* çizimleri yapılarak araziden kaldırılmıştır. Günümüzde batıkların tasarımları ve konstrüksiyon özellikleri hakkındaki teknoloji araştırmaları sürdürülmektedir. Bu amaçla her bir batığın tüm ahşap elemanları ayrıntılı olarak 1:1 ölçeğinde çizilmekte, fotoğraflanmakta ve kataloglanmaktadır.

Yenikapı 16 batığı, MS 9. yüzyıla tarihlendirilen, kadirga olarak da isimlendirilen çektiri tarzı kürekli bir savaş gemisidir. Sualtı arkeologlarının nadir olarak karşılaştıkları çektiri tarzı gemilerin Orta Bizans Dönemi'ne tarihlenen ilk batık kalıntılarından biri olması nedeniyle son derece önemlidir. Korunan boyu 22,5 m, eni ise 2,40 m olan batığın karina kısmı bütün olarak ele geçmiştir. Tez kapsamında, YK16 batığının 3B dijital belgeleme ve modellemesi çalışılmıştır. Dünya'da bu kadar iyi korunmuş durumda ve 9. yüzyıla tarihlenen başka bir arkeolojik örneği bulunmayan kadirganın detaylı belgelenmesi ve 3 boyutlu görüntülerinin oluşturularak batık hakkındaki görsel verilerin anlaşılır şekilde elde edilmesi çok büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmalarda elde edilen veriler, batığın rekonstrüksiyon projesinin hazırlanmasında ve sonraki sergi çalışmalarında kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler: FaroArm, 3B çizim, 3B modelleme, Yenikapı Batıkları, Yenikapı 16, Theodosius Limanı

ABSTRACT

3D DIGITAL MODELING OF YENIKAPI 16 SHIPWRECK

HİLAL SÜMEYYE GÜLER

During the excavation carried out for the Metro-Marmaray transfer station in Yenikapı between 2004 and 2013, 37 shipwreck remains dated between the 5th and 10th centuries AD were unearthed within the Theodosius Port filling. These 37 shipwrecks constitute the world's largest known medieval shipwrecks collection. Within the scope of the Yenikapı Shipwrecks Project carried out by the Department of Conservation of Marine Archaeological Objects of İstanbul University, under the direction of Prof. Dr. Ufuk Kocabaş, 27 of these shipwrecks were removed from the field after detailed documentation and in situ drawings. Today, technology researches on the designs and construction features of shipwrecks are continuing. For this purpose, all wooden elements of each shipwreck are drawn in detail on a 1: 1 scale, photographed and cataloged.

The Yenikapı 16 shipwreck is an oared warship known as the galley, dated to the 9th century AD. The galleys rarely encountered by underwater archaeologists and extremely important, as they are one of the first examples of warships as archaeological evidence of the Middle Byzantine Period. The hull part of the wreck, which is 22.5 m in length and 2.40 m in width, was found as a whole. Within the scope of the thesis, 3D digital documentation and modeling of the YK16 shipwreck is studied. It is of great importance to document the galley, which is one of the most preserved example ever found and has no other similar archaeological examples dating to the 9th century. Visual data about the shipwreck in a comprehensible way by creating 3-dimensional images are being prepared. The data obtained from these studies will be used in the preparation of the reconstruction project of the shipwreck and in the following exhibition works.

Keywords: FaroArm, 3D drawing, 3D modeling, Yenikapı Shipwrecks, Yenikapı 16, Theodosius Port

ÖNSÖZ

Yenikapı 16 numaralı batık dünyadaki en büyük Orta Çağ gemi koleksiyonunun temsil edildiği Yenikapı Batıkları arasında Bizans Dönemi kadirgalarının ilk arkeolojik örneklerinden biridir. Batık ile ilgili görsel verilerin anlaşılır bir şekilde elde edilmesi için bireysel ahşap elemanlarının 3 boyutlu çizimleri İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde tamamlanmıştır. Bu 3B çizimler batığın rekonstrüksiyon projesinin hazırlanmasında ve sonraki sergi çalışmalarında kullanılacaktır.

İlk olarak gemi arkeolojisi alanında en değerli bilimsel kaynaklardan olan Yenikapı Batıklarından biri üzerinde çalışma imkânı sağlayan İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğüne, gemi arkeolojisine duyduğum ilgiden dolayı tez konumu öneren, değerli tecrübeleri ile lisans eğitimimin başından beri çok büyük desteğini gördüğüm çok kıymetli hocam bölüm başkanımız Prof. Dr. Ufuk Kocabaş'a, tez çalışmamın başarılı bir şekilde tamamlanmasında desteğini esirgemeyen ve sabırla yol gösteren değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Işıl Özsaıt-Kocabaş'a minnettarım. *FaroArm* ile yeni çalışmaya başladığım zamanlarda bana güvenip beni projesine dahil eden, bu konudaki bilgilerimin katlanarak artmasına vesile olan ve her zaman yanımda olduğunu hissettiğim çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Evren Türkmenoğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Gemi ahşaplarından alınan üç binin üzerinde örneğin cins/tür analizlerini gerçekleştiren Prof. Dr. Ünal Akkemik'e teşekkür ederim.

İstanbul Üniversitesi Kültür Varlıkları Koruma ve Onarım Bölümü'nde eğitim aldığım ve çalıştığım süre boyunca hem akademik hem de mesleki konularda yönlendirmeleri ve olumlu yaklaşımlarından dolayı değerli hocalarım Doç. Dr. Namık Kılıç ve Arş. Gör. Dr. Taner Güler'e teşekkür ederim. Çalışmalarım esnasındaki desteklerinden ötürü değerli meslektaşlarım ve arkadaşlarım Hakan Kahraman, Özge Hazar, Emre Veysel Şener ve Serpil Çetinkaya Ermez'e teşekkür ederim.

Kadirganın belgeleme çalışmaları için sıcak soğuk demeden uzun bir süre boyunca gemi elemanlarının havuzlardan laboratuvar ortamına aktarılmasında olağanüstü katkılarından dolayı laboratuvarında beraber çalıştığım arkadaşlarım Osman Uygun, Sedef Öztürk, Esin Çiçek Barlas, Burak Söylemez, Emirhan Çetinkaya, Büşra

Arı, Özgün Öykü Şanlı, Melike Özer, Selin Yüzbaşıoğlu, Umut Nas, İrem Korkmaz, Senem Işık ve 2021 yaz dönemi stajyerlerine teşekkür ederim. Onlar olmasaydı bu çalışmayı gerçekleştirmem mümkün olmazdı.

Son olarak, hayatımın her aşamasında olduğu gibi tez dönemim boyunca bana her açıdan destek olan aileme, tezimi okuyarak bana destek olan ablam Zülal Güler'e çok teşekkür ediyorum.

HİLAL SÜMEYYE GÜLER

İSTANBUL, 2022



İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM YENİKAPI KAZILARI

1.1. Genel Bilgiler	3
1.2. İÜ Yenikapı Batıkları Projesi.....	8
1.2.1. Yenikapı Batıkları	11
1.2.2. Yenikapı Batıklarında Belgeleme Metodolojisi	13

İKİNCİ BÖLÜM YENİKAPI 16 BATIĞINDA GERÇEKLEŞTİRİLMİŞ ÇALIŞMALAR

2.1. Batığın Kazısı.....	21
2.2. <i>İn situ</i> Belgeleme.....	22
2.3. Kazı Sonrası Belgeleme	24
2.4. Konservasyon.....	25
2.5. Yapım Tekniği Araştırmaları	25
2.5.1. Gemi Elemanları.....	25

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM GEMİ VE TEKNE ARKEOLOJİSİNDE ÜÇ BOYUTLU (3B) BELGELEME VE MODELLEME ÇALIŞMALARI

3.1. Kazı Alanında 3B Çalışmalar	29
--	----

3.2. Kazı Sonrasında 3B Çalışmalar	37
3.3. Kazı Sonrası Belgeleme Çalışmalarında 3B Temaslı <i>Digitizer</i> Cihazının Kullanımı	44
3.3.1. <i>FaroArm®</i> Cihazının Kullanım Alanları ve Özellikleri	44
3.3.2. Batık Ahşaplarının Çiziminde 3B Temaslı Digitizer Cihazının Kullanımı..	48
3.3.3. Yenikapı Batıklarında 3B Temaslı Digitizer Cihazı ile Belgeleme	51

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YENİKAPI 16 BATIĞININ 3B DİJİTAL ÇİZİM VE MODELLEME ÇALIŞMALARI

4.1. Yenikapı 16 Batığının 3B Temaslı Digitizer Cihazı ile Çizimi (2018-2022)	56
4.1.1. 3B Temaslı Digitizer Cihazı ile Belgeleme Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	60
4.1.2. Katman Sistemi	61
4.1.3. Kalibrasyon	71
4.1.4. Çizim	71
4.1.5. Arşivleme	79
4.2. Yenikapı 16 Batığının 3B Dijital Modelinin Oluşturulması	79
4.2.1. <i>Rhinoceros®</i> 3B Modelleme Yazılımı	79
4.2.2. Önceki Çizimlerin Düzenlenmesi	81
4.2.3. Dijital Ortamda Modelin Oluşturulması	82
DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	97
KAYNAKÇA	100

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1: Yenikapı kazı alanının doğudan görünüşü.....	4
Şekil 1.2: Theodosius Dönemi'nde Konstantinopolis ve 14 bölge.....	5
Şekil 1.3: <i>Theodosius Limanı</i>	5
Şekil 1.4: Günlük Kullanım Malzemeleri.....	6
Şekil 1.5: 100 Ada genel görünümü.....	7
Şekil 1.6: <i>In situ</i> at iskeleti.....	7
Şekil 1.7: Yenikapı batıklarının <i>in situ</i> konumları	8
Şekil 1.8: Gemi Konservasyon ve Rekonstrüksiyon Laboratuvarı.....	9
Şekil 1.9: İÜ Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı.....	10
Şekil 1.10: Kazı alanında bulunan kargo gemileri: YK35 (sol) ve YK12 (sağ).....	12
Şekil 1.11: Kazı alanında bulunan kadirga tipi gemiler: YK25 (sol) ve YK13 (sağ).....	13
Şekil 1.12: Belgeleme iş akışı.....	14
Şekil 1.13: Üç nokta yöntemi ile elde edilen çizimlere detayların işlenmesi.....	16
Şekil 1.14: Koruyucu çadır içerisinde gerçekleştirilen demonte işlemleri.....	19
Şekil 2.1: Yenikapı 16 Batığının kazı alanındaki konumu.....	21
Şekil 2.2: Yenikapı 16 üzerinde gerçekleştirilen <i>Total Station®</i> çalışması.....	22
Şekil 2.3: <i>Total Station®</i> kullanılarak elde edilen <i>in situ</i> plan çizimi (sol); detayların işlendiği revize edilmiş <i>in situ</i> plan çizimi (sağ).....	23
Şekil 2.4: YK16 ahşap elemanlarının <i>FaroArm®</i> cihazı ile çizimi.....	24
Şekil 2.5: Yenikapı 16 batığı genel durumu.....	26
Şekil 2.6: Yenikapı 16 batığı ahşap cins/türleri.....	28
Şekil 3.1: Yenikapı 35 batığı <i>Total Station®</i> ölçümleri.....	32
Şekil 3.2: Referans oluşturması için yerleştirilen renkli toplu iğneler.....	33
Şekil 3.3: Referans oluşturması için yerleştirilen 3 boyutlu ölçek ve jalonlar.....	33
Şekil 3.4: Yenikapı 6 (YK6) Batığının 3 boyutlu görüntüleri.....	34
Şekil 3.5: Kamera çekiminin düzenlenmesi.....	35
Şekil 3.6: 2014 yılı çoklu görüntü fotogrametri modeli.....	36
Şekil 3.7: Çalışmalarda <i>Faro Focus 3D</i> lazer tarayıcı kullanımı.....	36

Şekil 3.8: Newport Orta Çağ gemisine ait döşegin belgelenmesinde <i>FaroArm®</i> kullanımı.....	38
Şekil 3.9: Yenikapı Batıkları Projesinde <i>FaroArm®</i> cihazı kullanımı.....	39
Şekil 3.10: Hjortspring teknesinin replikasının <i>Microscribe</i> ile çizimi.....	40
Şekil 3.11: Gemi elemanlarının 3 boyutlu belgelenmesinde kullanılan farklı tarama cihazları.....	41
Şekil 3.12: Oseberg gemisinin taranmasında kullanılan iki tür tarayıcı: Leica HDS 4500 (lazer tarayıcı) ve bir GOM Atos HR (optik tarayıcı).....	42
Şekil 3.13: Oseberg gemisinin iki farklı tarayıcı ile tarama çalışmaları.....	42
Şekil 3.14: Taramada kullanılan Cyrax Tarayıcı 2500.....	43
Şekil 3.15: Tune gemisinin lazer tarayıcı ile elde edilen nokta bulutu.....	44
Şekil 3.16: <i>FaroArm®</i> cihazı aksesuarları.....	45
Şekil 3.17: Farklı <i>FaroArm®</i> modelleri.....	46
Şekil 3.18: Kalibrasyon Sertifikası.....	47
Şekil 3.19: Skuldelev gemilerinin 1:1 çizimi.....	49
Şekil 3.20: Roskilde gemilerinin <i>FaroArm</i> cihazı ile belgelenmesi.....	50
Şekil 3.21: Yenikapı 12 Batığı ahşapları üzerinde gerçekleştirilen <i>FaroArm®</i> çizimleri.....	52
Şekil 3.22: YK3 Batığı ahşaplarında <i>FaroArm®</i> cihazı ile çizim.....	53
Şekil 3.23: Newport Medieval Ship Center (sol) ve İÜ Gemi Konservasyon ve Rekonstrüksiyon Laboratuvarı'nda (sağ) gerçekleştirilen çalıştaylar.....	54
Şekil 3.24: Eski ve güncel layer sistemi.....	55
Şekil 4.1: Çizim alanının düzenleme çalışmaları.....	57
Şekil 4.2: Çizim öncesi gerçekleştirilen mekanik temizlik çalışması.....	58
Şekil 4.3: Yenikapı 16 Batığı Çalışma Listesi.....	59
Şekil 4.4: Çizimde kullanılan katmanlar.....	62
Şekil 4.5: Çizimlerde kullanılan farklı boyutlardaki ölçekler.....	63
Şekil 4.6: Metal çivilerin açısının gösterilmesi.....	65
Şekil 4.7: Nokta sayısına göre değişen ahşap çivi formu.....	66
Şekil 4.8: Eski ve yeni prob ucu.....	66
Şekil 4.9: SK3-1 etiket numaralı kaplama üzerindeki eğri baskı izi.....	68
Şekil 4.10: Klinker çivisi ve cıvata pulu.....	70

Şekil 4.11: OM3 etiketli parça üzerine kontrol noktalarının yerleştirilmesi.....	72
Şekil 4.12: Konservasyonu tamamlanmış İSK E33 etiket numaralı döşek üzerinde yer alan harita çizimleri.....	73
Şekil 4.13: E129 etiket numaralı döşegın hatlarının çizimi.....	74
Şekil 4.14: İz bırakmayan PDA (<i>Personal Digital Assistant</i>) kalemi yerleştirilmiş prob ucu.....	75
Şekil 4.15: E76 etiket numaralı döşekte yüzey aşınması.....	76
Şekil 4.16: SK4-2 etiket numaralı kaplama iç yüzeyinde yer alan balta izleri.....	76
Şekil 4.17: SK3-1 etiket numaralı kaplama üzerinde eğri hattı dışında kalan reçineli kısımların fotoğrafı ve çizimi.....	77
Şekil 4.18: İç Omurga üzerinde kesit alınacak yerlere çekilen şeritler.....	78
Şekil 4.19: <i>Rhinoceros® 3B</i> yazılımı çoklu görüntüleme ekranı.....	80
Şekil 4.20: Newport Orta Çağ Gemi Projesi ekibi tarafından oluşturulan araç çubuğu.....	81
Şekil 4.21: E76 etiket numaranın döşegın eksik çizimi.....	82
Şekil 4.22: E76 etiket numaralı döşegın tamamlanmış yeni çizimi.....	82
Şekil 4.23: Modelleme için sapma değerlerinin girilmesi.....	83
Şekil 4.24: Gemi elemanı çizimi sadeleştirme aşaması.....	84
Şekil 4.25: Modelleme aşaması.....	85
Şekil 4.26: SBT1-2 etiket numaralı burma kaplamanın katı modelinin oluşturulması ve kontrolü.....	85
Şekil 4.27: Çizimde çivi açılarını gösteren hatların uzatılması.....	86
Şekil 4.28: (üst) Çivi açıları görünen model (alt) Tamamlanan model.....	87
Şekil 4.29: Epoki kalıp içerisinde çizimleri yapılan E11 (üst) ve İSK E19 (alt).....	88
Şekil 4.30: Modelleri yapılamayan eğriler.....	89
Şekil 4.31: Konservasyon sonrası çizimi gerçekleştirilen eğriler.....	90
Şekil 4.32: <i>In situ</i> modelin <i>Rhinoceros®</i> programındaki katmanları.....	91
Şekil 4.33: <i>Gumball</i> aracı özellikleri.....	92
Şekil 4.34: <i>Total Station®</i> verisi ve gemi modeli.....	93
Şekil 4.35: <i>In situ</i> modelde farklı katmanların gösterimi.....	94
Şekil 4.36: Yenikapı 16 batığının <i>in situ</i> 3 boyutlu modeli.....	95
Şekil 4.37: Yenikapı 16 batığının <i>in situ</i> 3 boyutlu modeli.....	96

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1: Kadirga elemanlarında kullanılan kodlar ve anlamları.....15

Tablo 2.1: Yenikapı 16 batığı ahşaplarının cins/türleri ve kullanım yerleri.....27



KISALTMALAR LİSTESİ

bkz.	: Bakınız
cm.	: Santimetre
ÇT	: Çapa tahtası
E	: Eğri
E1-İ(B)1	: E1 numaralı döşegin iskele tarafı baş yönündeki 1. postası
E1-S(K)1	: E1 numaralı döşegin sancak tarafı kık yönündeki 1. postası
Ed.	: Editör
İBT	: İskele burma tahtası
İçOM	: İç Omurga
İK	: İskele dış kaplama
İÜ	: İstanbul Üniversitesi
m.	: Metre
mm.	: Milimetre
MS.	: Milattan Sonra
OM	: Omurga
SBT	: Sancak burma tahtası
SK	: Sancak dış kaplama
vb.	: Ve benzeri
vd.	: Ve diğerleri
YK	: Yenikapı

GİRİŞ

2004-2013 arası İstanbul Yenikapı’da yürütülen arkeolojik kurtarma kazılarında 37 adet batık bulunmuştur. Batıklardan 27’si İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Projesi kapsamında İstanbul Üniversitesi Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü Sualtı Kültür Kalıntıları Koruma Anabilim Dalı tarafından belgelenerek araziden kaldırılmıştır. Batıkların kazı sonrası belgeleme ve konservasyon çalışmaları halen devam etmektedir. Proje şimdiye kadar dünyada çalışılan en geniş batık koleksiyonuna sahiptir. Batık ahşaplarının belgelenmesi diğer arkeolojik eserlerin belgeleme işlemlerinden farklı yöntemler ve bilgi birikimi gerektirmektedir. İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Projesi başlangıcından beri kullanılan geleneksel belgeleme yöntemleri batık sayısının artmasına paralel olarak yerini daha hızlı ve hata payı daha düşük olan dijital yöntemlere bırakmıştır. Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Projesi kapsamında kullanılan kazı sonrası dijital belgeleme tekniklerinin Yenikapı 16 batığı ahşap elemanlarına uygulanmasına konu almaktadır.

2007-2008 yılları arasında arazide belgelenerek kaldırılan Yenikapı 16 batığı İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Projesi Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı’nda konservasyon havuzlarında muhafaza edilerek tuzdan arındırma süreci devam etmektedir. Ön değerlendirmelere göre MS 9. yüzyıla tarihlendirilen Yenikapı 16 batığının Bizans donanmasına ait kadirga ya da çektiri tipinde bir gemi olduğu tespit edilmiştir. Batığın 22,50 m uzunluğunda 2,40 m genişliğinde sancak karinası iyi korunmuş vaziyette bulunmuştur. Bu çalışma kapsamında batığa ait 229 ahşap eleman *FaroArm® digitizer* ile 3 boyutlu olarak belgelenerek modellenmiştir. Çalışmanın Yenikapı 16 gemisinin yapım tekniklerinin anlaşılabilir yorumlanmasına ve geminin orijinal formunun belirleneceği rekonstrüksiyon çalışmaları için önemli veriler sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde Yenikapı 16 Batığının bulunduğu Yenikapı Kazıları hakkında genel bilgiler ve çalışmalarda açığa çıkarılan buluntular aktarılmıştır. Ardından limanın keşfi ile gün yüzüne çıkarılan, işlevlerine göre iki

grupta incelenen 37 adet gemiden bahsedilerek bu gemilerin arazideki ve laboratuvardaki belgeleme çalışmaları aktarılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde Yenikapı 16 batığının kazı çalışmalarına, *in situ* ve kazı sonrası belgeleme çalışmaları ile belgeleme çalışmalarının ardından gerçekleştirilecek konservasyon uygulamasından bahsedilmiştir. Ayrıca gerçekleştirilen yapım tekniği araştırmaları ile bireysel gemi elemanları ve gemi elemanlarının cins/tür analiz sonuçları verilmiştir.

Çalışmanın nc bölümünde gemi ve tekne arkeolojisinde kazı alanında ve kazı sonrasında gerçekleştirilen 3 boyutlu modelleme çalışmalarına değinilmiştir. Ayrıca kazı sonrası belgeleme çalışmalarında kullanılan *FaroArm® digitizer* cihazının kullanım alanları ve özelliklerine, batık ahşaplarının çiziminde kullanımına ve Yenikapı 16 batığının da bulunduğu Yenikapı Batıkları Projesindeki kullanımının başlangıcı ve gelişimine değinilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde Yenikapı 16 batığının mevcut ahşap elemanları ve durumları aktarılmıştır. *Total Station®* ile arazide gerçekleştirilen 3 boyutlu çalışmalar sonrasında kazı sonrası laboratuvarda gerçekleştirilen belgeleme çalışmalarına değinilmiştir. Belgeleme sırasında dikkat edilecek hususlar, katman sistemi, kalibrasyon, çizim ve arşivlemesi de dahil olmak üzere kadırgaya ait ahşap elemanların *FaroArm®* ile belgeleme süreci aktarılmıştır. Son olarak 3 boyutlu çizimleri tamamlanan gemi elemanlarının 3 boyutlu katı modellerinin oluşturulduğu *Rhinoceros®* yazılımına değinilmiş, modelleme çalışmaları için çizimlerin düzenlenmesi ve modelin bilgisayar ortamında oluşturulma aşamaları aktarılmıştır.

Bireysel ahşapların elde edilen 3 boyutlu katı modelleri, *in situ* konumda *Total Station®* ile elde edilen 3 boyutlu görüntü üzerine yerleştirilerek batığın *in situ* durumunun 3 boyutlu bir modeli elde edilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

YENİKAPI KAZILARI

1.1. Genel Bilgiler

Ülkemizin en büyük şehirlerinden biri olan İstanbul'da ekonomik ve sosyal gelişmelerin doğrultusunda artan şehirleşmenin en önemli sonuçlarından biri olan ulaşım sorununa çözüm yolu olarak geliştirilen önemli projelerden biri, Marmaray ve Metro Projeleridir. Marmaray ve Metro Projeleri, doğu-batı hattında Kocaeli il sınırındaki Gebze'den başlayarak Anadolu tarafında İstanbul'un batısındaki Halkalı'ya kadar yüzey, toprakaltı ve sualtı geçişlerinden oluşan 76 km'lik bir güzergahta 39 adet istasyon ile kesintisiz bir şekilde planlanmıştır. Marmaray ile bütünlük oluşturan Metro projesi Avrupa yakasındaki kuzey-güney kitle ulaşım koridorunu oluşturmaktadır (Başaran, 2012: 4; Özmen, 2007).

İlk çalışmalarına 1984 yılında başlanan Avrupa ve Asya demiryolu ağlarına da entegrasyonu sağlanacak projenin (Marmaray) araştırma çalışmaları ve hazırlıkları yaklaşık 20 yıl sürmüştür. Proje inşaatının başlangıcı olan 2004 yılında Marmaray ve Metro projelerinin güzergâhı üzerinde bulunan ve önemli bir istasyon alanı olan Yenikapı'da, İstanbul 1 ve 3 numaralı Kültür ve Tabiat Varlıkları Koruma Bölge Kurul kararları doğrultusunda İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü denetiminde arkeolojik kazılar başlatılmıştır. 58 bin m²'lik bir alanda gerçekleştirilen Yenikapı Kazıları 2004-2013 yılları arasında aralıksız olarak devam etmiştir (Gökçay, 2007; Kocabaş, 2015a: 29; Kocabaş, 2015b: 5; Özmen, 2007) (Şekil 1.1).

Şekil 1.1: Yenikapı kazı alanının doğudan görünüşü.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Yenikapı’da gerçekleştirilen kazı çalışmalarında, Bizans Dönemi’nin Marmara Denizi kıyısındaki en önemli limanı olan “*Theodosius Limanı*” ortaya çıkartılmıştır (Başaran, 2012: 5). Theodosius Limanı (*Portus Theodosiacus*), I. Theodosius (379-395) tarafından XII. bölgede kıyıda oldukça derin bir girintiye sahip koyda kurulmuştur (Kocabaş, 2015a: 29; Müller-Wiener, 1998: 8) (Şekil 1.2). Limanın bu bölgedeki varlığı *Notitia Urbis Constantinopolitane*¹’de listelenmiş ve eski haritalarda işaretlemiştir; fakat limanın tam konumu ve boyutları keşfi gerçekleşene kadar anlaşılamamıştır (Kocabaş, 2015b: 5) (Şekil 1.3).

¹ *Notitia Urbis Constantinopolitan*, II. Theodosius Dönemi’nde (425-440) hazırlanan bir liste olup Konstantinople kentindeki kamu binalarını, anıtlar ve görevli memurlar hakkında bilgiler vermektedir. Listeye göre kent 12’si sur içinde 2’si dışında 14 bölgeye ayrılmış olup, her bir bölgedeki forum, tiyatro, kilise, saray, hamam, havuz ve evler kaydedilmiştir. *Notitia Urbis Constantinopolitanae*, Latince olarak Otto Seeck tarafından *Notitia Dignitatum*’a ek olarak 1876’da yayımlanmıştır (Seeck, 1876).

Şekil 1.2: Theodosius Dönemi'nde Konstantinopolis ve 14 bölge.



Kaynak: Özsait-Kocabaş, 2010a: 11.

Şekil 1.3: Theodosius Limanı.



Kaynak: Stavroulaki, 1997: 18.

Kazı alanında Neolitik Çağ'dan günümüze kadar günlük yaşamda kullanılan yüzlerce eser gün yüzüne çıkarılmıştır. Neolitik ve Demir Çağlarına ait pişmiş toprak eserler; Klasik Dönem'e tarihlenen farklı formlarda kap çeşitleri, Roma ve Bizans dönemlerine ait sikkeler, Geç Roma ve Bizans'a ait cam bardak ve kadehlerle pişmiş toprak kaplar, bronz ayna, dini objeler, ahşap taraklar, kutular, kaşıklar, kemik ve fildişi oyun taşları, kandiller, fener, matara balıkçılık gereçleri ve deri sandalet tabanları, Osmanlı Dönemi'ne ait çini ve seramik parçaları kazının önemli buluntuları arasındadır (Baran Çelik ve Son, 2019; Kızıltan, 2014a: 60; Kızıltan, 2014b: 24) (Şekil 1.4).

Şekil 1.4: Günlük Kullanım Malzemeleri.



Kaynak: Baran Çelik ve Son, 2019: 38,40,42,43,44

Liman dolgusunda keşfedilen tarih öncesi dönemlere ait kültür katı, kent tarihini değiştirecek çok önemli verileri taşımaktadır. Kazı sahasındaki mimari kalıntılar ise 20. yüzyıla kadar inşa edilmiş çeşitli yapılardan oluşmaktadır. Alanın batısında yer alan, "100 Ada" olarak adlandırılan 2. Bölgede gerçekleştirilen kazı çalışmalarında MS 4. yüzyıldan 13. yüzyıla kadar farklı dönemlere ait mimari kalıntılar açığa çıkarılmıştır (Şekil 1.5). Theodosius Surlarının bir bölümü olduğu düşünülen duvar yapısı ve Konstantinus surlarının parçası olduğu düşünülen 51 metre uzunluğunda kesme taşlardan yapılmış ve üzeri horasan harcı sıvalı duvar buradaki en önemli mimari buluntulardandır. Bu alandaki mimari kalıntılardan biri de 4. yüzyıla

tarihlendirilen ve 11 metrelik bölümü kazılan ve içinde bol miktarda kandil bulunmuş olan tonozlu tuğla yapıdır (Kızıltan, 2014a: 59; Kızıltan, 2014b: 19).

Şekil 1.5: 100 Ada genel görünümü.



Kaynak: Kızıltan, 2014a: 60.

Kazı alanında arkeolojik malzemenin yanı sıra, binlerce hayvan iskeleti kalıntıları alanın tümüne dağılmış bir şekilde ortaya çıkartılmıştır. Çoğunluğunu at iskeletlerinin oluşturmasının yanında çok sayıda eşek, sığır, koyun, keçi, domuz, köpek, kedi, geyik, yunus iskeleti kalıntıları, bir deve iskeleti ile balık kılçıkları bulunmuştur (Onar vd., 2010; Onar vd., 2014) (Şekil 1.6).

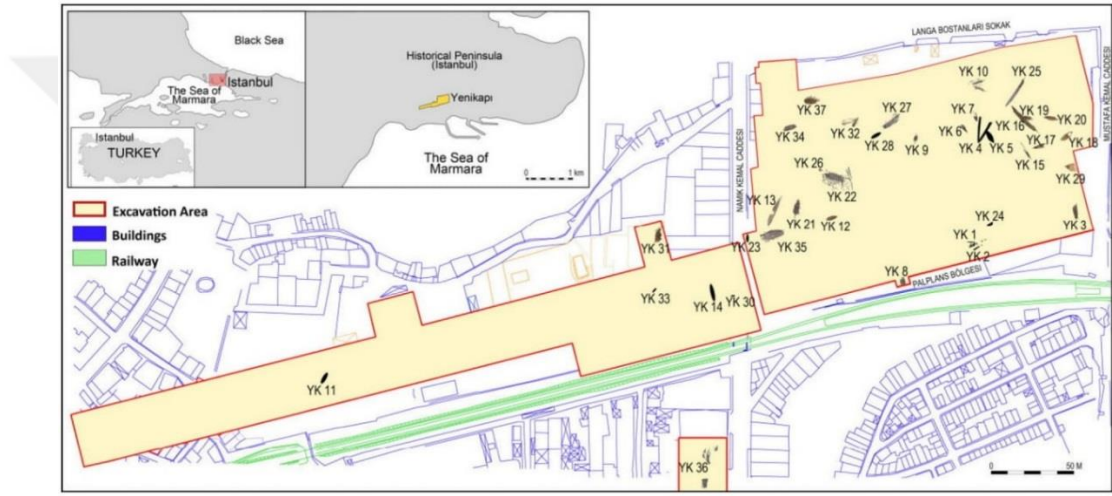
Şekil 1.6: *In situ* at iskeleti.



Kaynak: Onar, 2013: 42.

Kazı alanına yayılmış olarak ele geçen 37 gemi kalıntısı ise Dünyada Erken ve Orta Bizans Dönemi'ne tarihlenen en geniş gemi koleksiyonu olarak değerlendirilmektedir. Lykos (Bayrampaşa) Deresi'nin yığıldığı alüvyonlar ve denizin getirdiği kumun gemilerin üzerini hızlı bir şekilde kapatmasının neticesinde oldukça iyi korumuş halde günümüze ulaşan batıklar gemi arkeolojisi ve teknoloji tarihine yaptığı katkılar nedeniyle büyük önem taşımaktadır (Kocabaş, 2015a: 7; Özsait-Kocabaş, 2010a: 6), (Şekil 1.7).

Şekil 1.7: Yenikapı batıklarının *in situ* konumları.



Kaynak: Kocabaş, 2015b: 10.

1.2. İÜ Yenikapı Batıkları Projesi

İstanbul Üniversitesi Yenikapı kazı alanındaki çalışmalarına, İstanbul Üniversitesi ve İstanbul Arkeoloji Müzeleri arasında gerçekleştirilen protokol kapsamında, 2005 yılında “İÜ Yenikapı Batıkları Projesi” ile başlamıştır. Projenin bilimsel araştırma ve uygulamalarını İstanbul Üniversitesi adına Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü üstlenmiştir. Bölüm Başkanı Prof. Dr. Sait Başaran tarafından başlanan proje, hocanın emekli olması ile, 2008 yılından itibaren İÜ Sualtı Kültür Kalıntılarını Koruma Anabilim Dalı'nın kurucusu olan Prof. Dr. Ufuk Kocabaş tarafından yürütülmektedir (Özsait-Kocabaş, 2022: 15). İÜ Yenikapı Batıkları Projesi'nde Yenikapı kazılarında ortaya çıkartılan 37 batığın 27'sinin araziden

kaldırma, belgeleme ve yapım teknolojisi; 31'inin konservasyonu çalışılmaktadır² (Kocabaş, 2012a: 192; Kocabaş, Kılıç ve Asal, 2020: 24). İÜ Sualtı Kültür Kalıntıları Koruma Anabilim Dalı bünyesinde “Gemi Konservasyon ve Rekonstrüksiyon Laboratuvarı” ve “Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı” kurulmuştur. Edebiyat Fakültesi’nde bulunan Gemi Konservasyon ve Rekonstrüksiyon Laboratuvarı’nda batıkların endaze çizimleri, restitüsyonları, rekonstrüksiyonları ve arşivlenmesi yapılmaktadır (Şekil 1.8). Yenikapı’daki Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı, batık ahşaplarının temizliği, 3 boyutlu çizimi, fotografik belgelenmesi ve konservasyon hazırlıklarının yapıldığı 300 m² kapalı alan ve konservasyon havuzların ile vakumlu dondurarak kurutma cihaz ünitesinin bulunduğu 2000 m² açık alandan oluşmaktadır (Kocabaş ve Özsait-Kocabaş, 2013: 39; Kocabaş, 2014: 33) (Şekil 1.9).

Şekil 1.8: Gemi Konservasyon ve Rekonstrüksiyon Laboratuvarı.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

² Texas A&M Üniversitesi sekiz batığın alandan kaldırılması, belgelenmesi, yapım teknolojisi çalışmalarını ve dört batığın konservasyonunu; İstanbul Arkeoloji Müzeleri iki batığın yerinden kaldırılmasını gerçekleştirmiştir (Kocabaş, Kılıç ve Asal, 2020: 24).

Şekil 1.9: İÜ Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

İÜ Yenikapı Batıkları Projesi kapsamında gerçekleştirilen araştırma ve uygulama sonuçları, teknik geziler, yayınlar, sempozyum ve kongrelerde sunulan bildiriler ve düzenlenen toplantılarla bilim dünyasına tanıtılmıştır. Bunların ilki, 2008 yılında Prof. Dr. Ufuk Kocabaş'ın editörlüğünde, kazı alanında ortaya çıkarılan ilk 10 batığın *in situ* belgelemesini, genel özelliklerini ve kazı metodolojisinin en ince ayrıntısına kadar ortaya konulduğu “Yenikapı Shipwrecks Volume 1: The ‘Old Ships’ of the ‘New Gate’ /Yenikapı Batıkları Cilt 1: Yenikapı’nın Eski Gemileri” adındaki İngilizce-Türkçe yayımlanan bilimsel kitaptır. Bilimsel serinin ikinci cildi “Yenikapı Shipwrecks Volume 2: Wood of Yenikapı Shipwrecks / Yenikapı Batıkları Cilt 2: Yenikapı Batıklarının Ahşapları” Yenikapı gemilerinin imal edildiği coğrafyanın belirlenebilmesi, yapım teknolojisinde bir geminin değişik kısımlarında hangi tür ağaçların kullanıldığının tespiti ve geminin daha sonra geçirdiği onarımların saptanması için gemi ahşaplarından alınan üç binin üzerinde örneğin cins/tür tayininin

sonucunda İÜ Orman Fakültesi Orman Botaniği Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Ünal Akkemik tarafından 2015 yılında yayımlanmıştır (Kocabaş, 2015a: 157). Serinin üçüncü cildi, Yenikapı Shipwrecks Volume 3: Yenikapı 12 An Early Medieval Merchantman 1 / Yenikapı Batıkları Cilt 3: Yenikapı 12 Erken Orta Çağ Ticaret Teknesi 1” adıyla 2022 yılında, Doç. Dr. Işıl Kocabaş tarafından yazılmıştır. Kitap, yükü ile keşfedilen Yenikapı 12 batığının, kazısından rekonstrüksiyonuna kadar gerçekleştirilen bilimsel metodolojiyi, ahşap elemanlarının detaylı tanımlarını, yapım teknolojisi ve rekonstrüksiyonunun diğer Akdeniz batıklarıyla olan karşılaştırmalı analizlerini içermektedir. Yenikapı batıklarının genel özelliklerinin anlaşılır bir dille sadeleştirilmiş olarak sunulduğu popüler kitap serisinin ilki Prof. Dr. Ufuk Kocabaş tarafından 2015 yılında yayımlanmıştır. Bu kitapta gemilerin boyutsal ölçüleri, kazı alanında bulundukları tabakalar ile *in situ* durumlarının fotomozaik görüntülerinin yanında çizimleri de mevcuttur. Gemileri meydana getiren ahşap elemanlar (omurga, iç omurga, bodoslama parçaları, kaplama, eğri sistemi, yelken yatağı, kemere, bölme tahtası, iç kuşak, iç kaplama, çapa tahtası, oturak sırası) ve bu yapı elemanlarının hangi ahşaplardan imal edildiği bilgisi ile genel konstrüksiyon özellikleri de verilmiştir. Günümüze kadar batıkların yapım teknolojisi ve konservasyonu hakkında 80’in üzerinde kitap bölümü ve bilimsel makale yazılmıştır. 4 Yüksek Lisans Tezi ve 5 Doktora Tezi yapılmıştır.

1.2.1. Yenikapı Batıkları

Gerçekleştirilen analizler ve ön değerlendirmeler neticesinde M.S 5-11. yüzyıllar arasına tarihlendirilen Yenikapı Batıkları konstrüksiyon özellikleri ve kullanım amaçlarına göre iki gruba ayrılmaktadır. Birinci grubu farklı boyutlardaki ticari amaçla kullanılan kargo gemileri, ikinci grubu ise sualtı arkeologlarının nadir olarak rastladıkları çektiri ya da kadirga tipi gemiler oluşturmaktadır (Kocabaş, 2015b: 1-8; Özsait-Kocabaş ve Kocabaş, 2012: 99; Pulak v.d., 2015: 39).

İstanbul Üniversitesi ekibi, yirmi üç ticaret gemisi (YK3, YK6-YK10, YK12, YK15, YK17-YK22, YK26-YK32, YK34-YK35) ve dört kadirganın (YK4, YK13, YK16, YK25) yapım teknolojisini çalışmaktadır. İÜ Yenikapı Batıkları Projesi kapsamında çalışılan tekne ve gemiler kendi aralarındaki boyutlarına göre küçük, orta ve büyük olarak üç grupta ele alınmıştır (Kocabaş 2015b: 7-8). İlk değerlendirmelere

göre bunlar, boyları yaklaşık 7-12 metre arasında olan muhtemelen kıyı denizciliği yapan tekneler (YK6, YK7, YK8, YK9, YK12, YK18, YK19, YK20), 12-19 metre arasındaki orta büyüklükteki gemiler (YK3, YK10, YK15, YK17, YK21, YK27, YK28, YK29, YK31, YK32, YK34) ve muhtemelen açık denizlerde seyir yapan ve ağır yük taşıma kapasitesine sahip büyük boyuttaki gemilerdir (YK22, YK35) (Kocabaş, 2015a: 49-51; Özsait-Kocabaş, 2022: 277) (Şekil 1.10). Bizans dönemine ait bu ticaret gemilerinin çoğu olasılıkla Latin yelken ile hareket ettirilen ve kış omuzlukta bulunan iki dümen küreği vasıtasıyla yönlendirilmektedir (Kocabaş, 2015a: 48; Kocabaş, 2015b: 11; Pulak v.d., 2015: 45).

Şekil 1.10: Kazı alanında bulunan kargo gemileri: YK35 (sol) ve YK12 (sağ).



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Yenikapı kazı alanında ele geçen kadırgalar Bizans Dönemi kadırgalarının ilk arkeolojik örneklerini oluşturmaktadır. Ön değerlendirmeler ışığında boyları yaklaşık 30m olarak belirlenen bu kürekli gemiler, uzun-ince gövdeleri, kürekçi oturakları, kürek delikleri ve kullanılan ahşap türleri ile ticaret gemilerinden oldukça farklıdır. İnşalarında kullanılan hafif ağaçlar ve yapısal özellikleri sayesinde savaş gemilerinden beklenen yüksek manevra ve hız kabiliyetine sahip olmaktadır (Kocabaş, 2015a: 54-55; Kocabaş, 2015b: 26; Pulak, vd., 2015: 62) (Şekil 1.11). Yenikapı kadırgalarının (YK2, YK4, YK13, YK16, YK25, YK36), Bizans metinlerinde *galea* olarak bahsedilen, Bizans donanmasının asıl savaş gemileri olan *dromon*lara öncülük eden tek sıra kürekli, hafif savaş gemileri olduğu ve özellikle keşif amacıyla kullanıldığı düşünülmektedir (Kocabaş, 2015b: 26; Pulak, vd., 2015: 62; Pryor ve Jeffreys, 2006: 190; Sakelliades, 1997: 51).

Şekil 1.11: Kazı alanında bulunan kadirga tipi gemiler: YK25 (sol) ve YK13 (sağ).



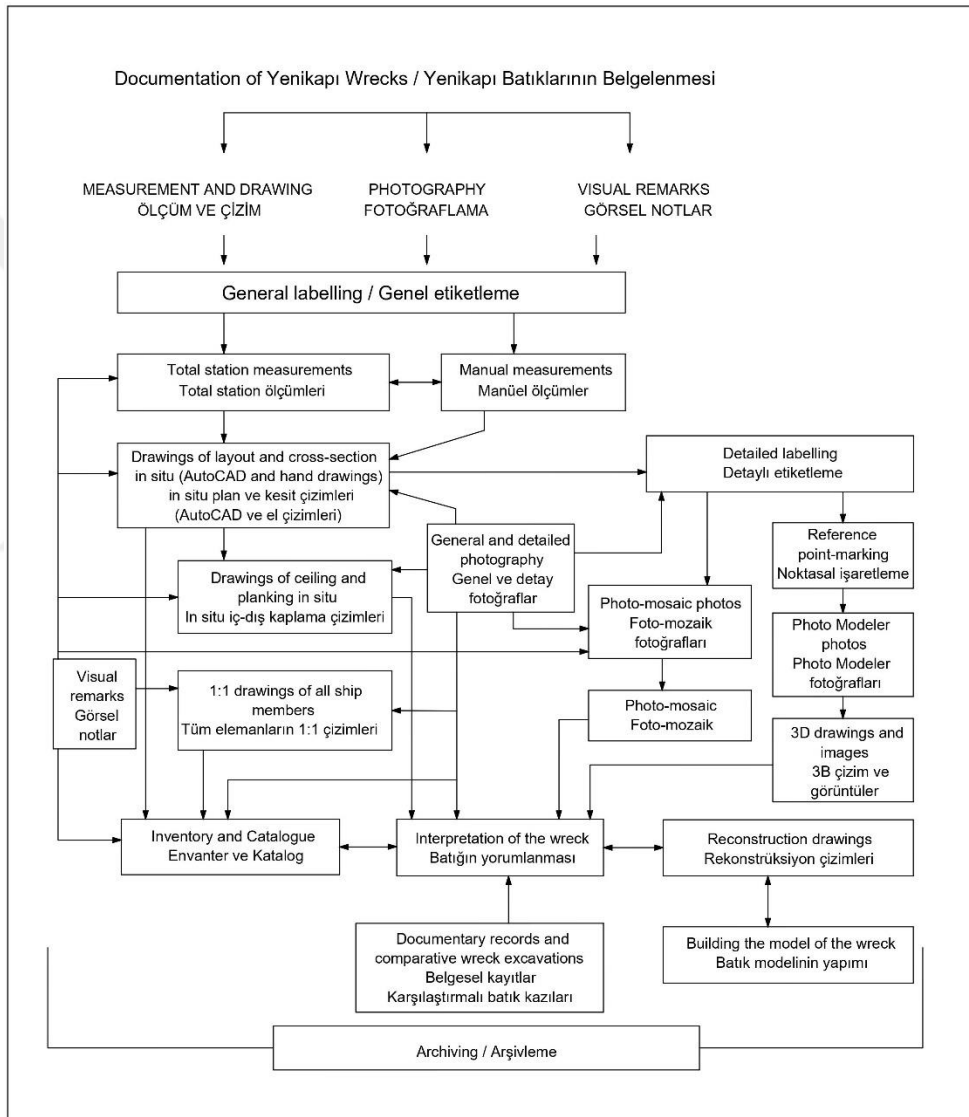
Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

1.2.2. Yenikapı Batıklarında Belgeleme Metodolojisi

Bir liman dolgusu içinde karasal ortamda gerçekleştirilen ve yaz kış aralıksız süren Yenikapı Batık Kazıları, diğer kurtarma kazılarında olduğu gibi sınırlı zamanda, zor hava koşulları ve ortamda gerçekleştirilen yüksek doğrulukta ve hızlı dokümantasyonu sağlayacak; aynı zamanda organik malzemenin bozulmasını önleyecek çözümlerle sürdürülmüştür. Bu bağlamda batıkların belgelenmesinde, İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Belgeleme ekip lideri Doç. Dr. Işıl Özsait-Kocabaş'ın geliştirdiği belgeleme metodolojisi ve iş akışı, kazıların başından itibaren kullanılmıştır (Özsait-Kocabaş, 2012: 37-72) (Şekil 1.12.). Yenikapı Belgeleme Metodolojisi ölçüm ve çizim, fotografik belgeleme ve görsel notlar olarak üç başlık altında ilerlemektedir. Kazı alanında batığın gövde hacmini ve elemanlar arasındaki ilişkileri yakalamayı sağlayan 2 ve 3 boyutlu *in situ* çizimler batık elemanlarının üzeri açıldıkça yapılmış ve tüm ayrıntıların yazı ve krokilerle işlendiği yerinde değerlendirme föyleri doldurulmuştur. Fotoğraf ve videolar çekilmiş; batık gövdesinin

iç kaplamalı, eğrili ve dış kaplamalı fotomozaikleri³ oluşturulmuştur. Kazı sonrası belgeleme, batıkların ahşap elemanların her birinin tam ölçekli çizimleri, fotoğraf, fotomozaik ve katalog çalışmaları ile gerçekleştirilmiştir (Kocabaş, 2015b: 4-5; Özsait Kocabaş, 2022: 18-26, 40-44).

Şekil 1.12: Belgeleme iş akışı.



Kaynak: Özsait-Kocabaş, 2012: 40.

³ Fotomozaik düzeneği Prof. Dr. Ufuk Kocabaş tarafından geliştirilerek batıklara uygun olarak tasarlanmıştır. Sistem batık kenarları boyunca yerleştirilen kanallar ve bunların içinde hareket eden bir konstrüksiyondan oluşmaktadır. Bu konstrüksiyon, batık gövdesinin tamamının, üst üste bindirilen fotoğraf kareleri halinde tam tepeden ve aynı yükseklikten çekilmesini sağlamaktadır.

Belgeleme çalışmaları başlamadan önce, batık ahşaplarını ve ekibi güneş ışığı, rüzgâr ve kar gibi olumsuz hava şartlarından korumak amacıyla çalışma alanı, ahşap dikmeler ve muşambadan oluşan koruyucu bir çadır içerisine alınmıştır. Suyu doymuş ahşap⁴ olarak nitelendirilen gemi elemanlarının bünyesindeki suyu kaybederek bozulmalarını önlemek amacıyla, bu mekân içerisine atomize sulama yapan püskürtme tesisatı kurularak %100 bağıl nem ortamı oluşturulmuş ve ahşapların 24 saat boyunca nemli kalması sağlanmıştır (Kocabaş, 2015a: 144; Özsait-Kocabaş, 2012: 41). Önleyici koruma ortamı oluşturulduktan sonra, mekandaki batığın üzerindeki sediment ve kum tabakası kademeli olarak kaldırılmış; belgeleme çalışmaları sırasında batık ahşapları düzenli aralıklarla ıslatılmıştır. Ana plan çizimleri ve fotoğraf çekimleri öncesinde her bir gemi elemanının yapısal özelliğini belirtecek, konservasyon, restorasyon ve rekonstrüksiyon uygulamalarındaki gereksinimleri karşılayacak şekilde etiket sistemi oluşturulmuştur. Gemilerin düzenli bir şekilde belgeleme prosedürünün sağlanması için de kullanılan etiketleme sistemine göre gemi elemanının kısaltılmış ismi ve sıra sayısının kullanıldığı kodlar verilmiştir. Bu kodlara göre geminin omurgası OM, iç kuşaklar İÇK, eğrilere genelde baştan kıça doğru olmak üzere sırasıyla E1, E2, E3 vb. kaplamalarda ise omurga merkez kabul edilerek sancak tarafındakiler için sırasıyla SK1, SK2 vb. iskele taraflarındakiler için İK1, İK2 vb. kodlar verilmiştir (Özsait-Kocabaş, 2012: 44-46; Kocabaş, 2015a: 145) (Tablo 1.1).

Tablo 1.1: Kadirga elemanlarında kullanılan kodlar ve anlamları.

Gemi elemanının ismi	Etiketlemede verilen kod
Eğri sistemi	E
Döşek	E1
Posta	
E1 numaralı döşegın sancak tarafı kıç yönündeki 1. postası	E1-S(K)1
E1 numaralı döşegın iskele tarafı baş yönündeki 1. postası	E1-İ(B)1
Omurga	OM
İç Omurga	İçOM

⁴ Ahşap nemli veya ıslak alanlarda uzun süre kaldıkça ortam şartlarına ve ahşap türlerine bağılı olarak değışik miktarlarda suyu emer ve sonunda ıslak veya suya doymuş ahşap olarak değıerlendirilir. Suyu doymuş ahşap herhangi bir konservasyon uygulaması yapılmadan kurumaya bırakıldığı takdirde geri dönüşü olmayan çatlama, çekme, çarpılma, büzülme ve kırılma gibi zararlara uğrayarak bütünlüğünü kaybetmektedir (Kılıç, 2013: 20; Kocabaş, 1998: 26).

İskele dış kaplama	İK
Sancak dış kaplama	SK
Sancak Burma Tahtası	SBT
İskele Burma Tahtası	İBT
Çapa Tahtası	ÇT
Yeri belli olmayan parça	YBO

Kaynak: Özsait-Kocabaş, 2012: 46.

İlk yıllarda gemi ve teknelerin ana plan çizimleri (iç kaplamalı, eğri sistemli ve dış kaplamalı) için ölçümlerde “manuel üç nokta yöntemi” kullanılmış, elde edilen binlerce nokta *in situ* konumdaki batık ahşaplarına bakılarak ve detay ölçüleri alınarak birleştirilmiştir. Bu yöntem ile elde edilen çizimlere arazideki detaylı incelemeler ile gemi elamanları üzerinde bulunan ve yapım teknolojisinin anlaşılmasına yardımcı olacak tüm detaylar (parileler, metal ve ahşap çiviler, kenar kavelaları) en ince ayrıntısına kadar işlenmiştir (Şekil 1.13). Daha sonra bu çizimler taranarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve AutoCAD® programında tekrar çizilmiştir (Özsait-Kocabaş, 2010a: 34-35).

Şekil 1.13: Üç nokta yöntemi ile elde edilen çizimlere detayların işlenmesi.



Kaynak: Özsait-Kocabaş, 2010a: 36.

2007 yılından itibaren, geleneksel ölçüm ile gerçekleştirilen çizimin arazide çalışılan sürenin büyük bir çoğunluğunu kapsaması ve batık sayısının gün geçtikçe artması nedeniyle *in situ* ölçümler için *Total Station*® cihazı kullanılmaya başlanmıştır. Jeodezik ölçüm yapan *Total Station*® cihazı ile elde edilen binlerce nokta ölçülmüş ve bilgisayara aktararak *AutoCAD*® programında 3 boyutlu görüntüleri, plan ve kesit çizimleri elde edilmiştir. Kullanılan bu yöntemin en büyük avantajı ise gelecekteki rekonstrüksiyon çalışmaları için referans verileri oluşturacak 3B ölçümlerin yerinde yapılan çizimlerle eş zamanlı olarak elde edilmesidir (Kocabaş, 2015a: 147; Kocabaş, 2015b: 8).

Ana çizimlere ek olarak omurga, iç ve dış kaplamaların iç yüzeyleri tam ölçekte renkli sabit kalemler ile dayanıklı asetat üzerine çizilmiştir. Yapılan bu çizimlerde kaplama sıraları, parileler, bağlantı elemanları (metal çivi ve kavelalar), macun, kalafat ve yapım teknolojisine ait alet izleri farklı renklerde belirtilmiştir. Bu bilgilere ek olarak her bir gemi elemanının etiket kodu, sancak ve iskele yönleri, ölçek ve tarih bilgileri de eklenmiştir (Kocabaş, 2015b: 8). Ayrıca batıkların iç kaplamalı, eğri sistemli ve dış kaplamalı *in situ* durumunu gösteren yüksek çözünürlük ve doğrulukta tek bir görüntü halinde belgelenmesinde fotomozaiik çekimleri yapılmıştır. Tüm belgeleme çalışmaları detay fotoğrafları, video çekimleri, alanda tutulan görsel notlar ve krokiler ile desteklenmiştir (Özsait-Kocabaş, 2010a: 23; Özsait-Kocabaş, 2010b).

Görsel notlar, tanımlarda ortak terimlerin kullanılması, bunların herkes tarafından aynı şekilde anlaşılması ve en küçük ayrıntının bile değerlendirilmesini sağlamak amacıyla arazide ve laboratuvarında kullanılmak üzere oluşturulan standart formlardır.⁵ Araziden kaldırılmadan önce, her ahşap elemanın üzerindeki açıklama, etiket numarası, boyutları; gemi yapım sürecine ışık tutan ahşaplar arasındaki bağlantı elemanları sayısı ve bunların açıklamaları, parileler, alet izleri, diğer gemi elemanlarına göre pozisyonu vb. dahil olmak üzere tüm görsel gözlemler bu standart formlar üzerine işlenmiştir (Özsait-Kocabaş, 2012: 67).

⁵ Standart formlar ile ilgili detaylı bilgi için bkz. Özsait-Kocabaş, 2012: 66-71; Özsait-Kocabaş, 2010a: 423-452; Özsait-Kocabaş, 2022: 58-73.

Tüm *in situ* belgeleme prosedürleri tamamlanan ahşap gemi elemanları demonte edilerek onlar için özel olarak hazırlanmış koruyucu kasalara yerleştirilerek araziden kaldırılmıştır. Gemi elemanlarının demonte edilmesinin başlıca nedenleri birleştirme detayı gözükmeyen parçaların ayrılması ile gemi inşa tekniklerinin ve konstrüksiyon detaylarının belirlenmesi ve konservasyon sırasında parçaların tümüne uygulanacak gerekli sağlamlaştırma ve koruma maddelerinin emilimini kolaylaştırmaktır. Demonte edilirken öncelikle iskelet sistemi üzerinde eğer korunagelmisse iç kaplama, iç kuşak, iç omurga ve yelken yatağı ile başlanmış ardından iskelet sistemini oluşturan döşek ve postalar ve en son kaplamalar kaldırılmıştır. Her bir gemi elemanını bağlantılı olduğu diğer parçalar ile sabit tutan metal ve ahşap çiviler, ince uçlu keskiler yardımı ile ahşap yüzeylerine zarar vermeden ayrılmıştır. Kırılğan durumda olan bazı eğriler epoksi kalıba alınarak kaldırılmış, kaplamalar ise rekonstrüksiyon aşamalarında herhangi bir problemin yaşanmaması için orijinal açısı ve formlarını koruyacak taşıyıcıların tasarlanmasına ihtiyaç duymuştur. Omurga gibi daha sağlam yapıdaki elemanlar sedyeler üzerinde kasalara yerleştirilmiştir. Kaldırmada kullanılan tüm yöntemlerin⁶ ortak amacı, ahşapların orijinal kavis ve kıvrımlarını korumaktır (Şekil 1.14). Demonte edilen gemi elemanları laboratuvarında gerçekleştirilecek çalışmalar öncesinde İÜ Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı'nda özel olarak inşa edilmiş tanklarda depolanmıştır (Güler, 2019: 15; Kocabaş, 2015a: 151; Kocabaş ve Yılmaz, 2012: 73–95; Türkmenoğlu, 2017: 28).

⁶ Araziden kaldırma yöntemleri ile ilgili detaylı bilgi için bkz. Kocabaş ve Türkmenoğlu, 2009; Kocabaş ve Yılmaz, 2012:73-95; Kocabaş, vd., 2012.

Şekil 1.14: Koruyucu çadır içerisinde gerçekleştirilen demonte işlemleri.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Laboratuvardaki çalışmalara geçildiğinde kazı alanında birleşme detayları görünmeyen gemi elemanları, sökme işlemi ardından ayrıntılı olarak belgelenmiş, her bir eleman geniş açılı ve makro lenslerle detaylı olarak fotoğraflanmıştır. Kazı alanında tüm gemiler için uygulanan fotomosaik çalışmaları laboratuvarda her parça için ayrıca gerçekleştirilmiştir. Döneminin teknolojisi, gemi ve teknelerin yapım teknikleri, kullanım süreleri ve daha birçok önemli verinin ipuçlarını taşıyan ahşap yüzeylerin 1:1 ölçekli çizimleri yapılmıştır. Tam ölçekli çizimler, projenin ilk yıllarında cam üzerinden asetata renkli permenant kalemle kopyalanarak gerçekleştirilmiştir. İlerleyen süreçte, batık sayısının artması ve yüksek doğrulukta hızlı bir yöntem arayışı sonucunda, üç boyutlu digitizer cihazı ile belgelemeye geçilmiştir (Özsait-Kocabaş, 2012: 55-57, fig.23-24; Özsait-Kocabaş, 2022: 40-41; Türkmenoğlu, 2017: 29-30) 3B temaslı digitizer olarak *FaroArm®* marka cihaz, İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından satın alınarak, 2008 yılında İÜ Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı'na kurulmuştur. *FaroArm®* ile gerçekleştirilen tam ölçekli çizimlerde, her biri gemi inşa tekniklerinin tanımlanmasına ışık tutabilecek alet izleri, ahşap ve metal bağlantı elemanları, ahşap

damarları ve hasarlı alanlar farklı renklerde çizilerek *Rhinoceros*® yazılımına 3B olarak işlenmektedir. Elde edilen veriler, arazi ve laboratuvarında çekilen fotoğraf ve foto-mozaiikler, çizimler, görsel notlar, katalog değeriendirmeleri ile birleştirilerek batıkların restitüsyon ve rekonstrüksiyonları gerçekleştirilmekte; gemi yapım teknolojisine dair araştırmalar yapılmakta ve Yenikapı batıklarının sergilenmesine yönelik projeler geliştirilmektedir⁷ (Kocabaş, 2015b).



⁷ Bu konulardaki detaylı bilgiler için bkz. Türkmenoğlu, 2017; Türkmenoğlu, 2021; Kocabaş, Kılıç ve Asal, 2020; Özsait-Kocabaş, 2018; Özsait-Kocabaş, 2020; Özsait-Kocabaş, 2022)

İKİNCİ BÖLÜM

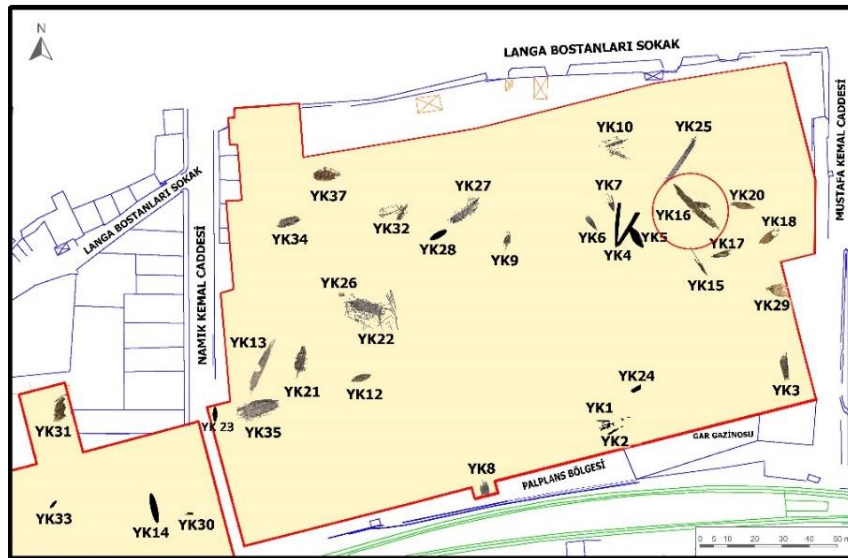
YENİKAPI 16 BATIĞINDA GERÇEKLEŞTİRİLMİŞ ÇALIŞMALAR

2.1. Batığın Kazısı

İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü başkanlığında yürütülen Yenikapı Metro-Marmaray Kazıları kapsamında gün yüzüne çıkartılan Yenikapı 16 (YK16) batığı kazı alanının doğu tarafında kuzeybatı-güneydoğu yönünde -1.30 / -1.80 metre kotları arasında bulunmuştur. 22,50 metre uzunluğunda ve maksimum genişliği 2,40 metre olan YK16 kürekli, ince uzun yapılı, Yenikapı kadırgalarından biridir (Kocabaş, 2012c: 7; Kocabaş ve Özsait-Kocabaş, 2013: 44; Kocabaş, 2015a: 95) (Şekil 2.1).

2008 yılında İstanbul Üniversitesi Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü'ne bağlı akademisyen, arkeolog, restoratör ve stajyer öğrencilerden oluşan ekip tarafından arazide belgelenerek demonte vaziyette İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı'nda koruma altına alınmıştır (Kocabaş, vd., 2012). Oxford Üniversitesi Radyokarbon Hızlandırma Birimi (ORAU) tarafından yürütülen çalışma sonuçlarına göre Yenikapı 16 Batığı MS 720-890 yılları arasına tarihlendirilmiştir (Kocabaş, 2012b: 22).

Şekil 2.1: Yenikapı 16 Batığının kazı alanındaki konumu.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

2.2. *İn situ* Belgeleme

Batığın arazide gerçekleştirilen *in situ* belgeleme çalışmaları öncesinde diğer tüm batıklarda olduğu gibi ortam şartlarına karşı koruma altına almak için koruyucu çadır ve atomize sulama sistemi kurulmuştur. Koruyucu çadır ile batığı güneş ve rüzgâr gibi etkilere korurken sulama sistemi ile %100 bağıl nem ortamı oluşturularak gemi ahşaplarının kurumması engellenmiştir.

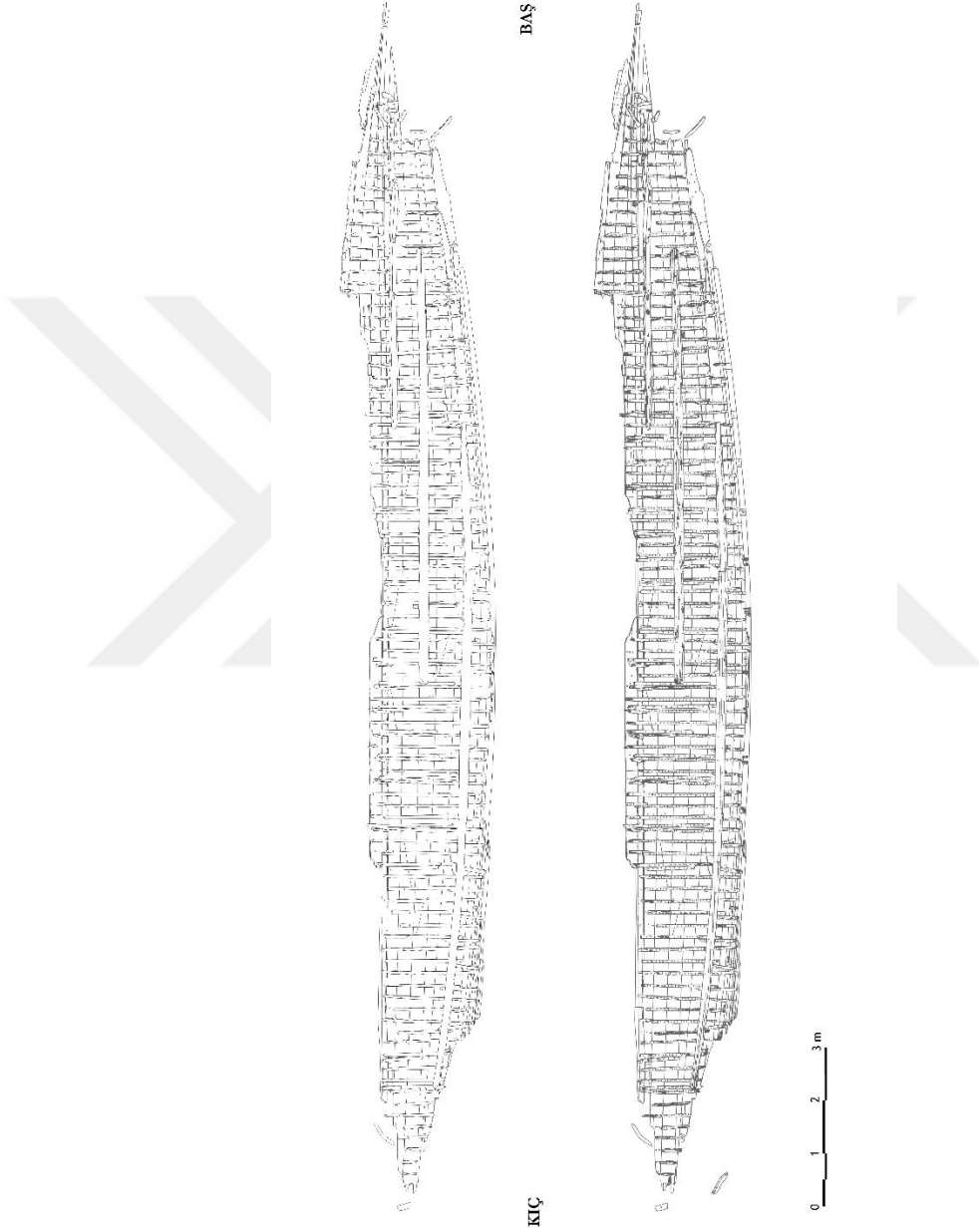
Yenikapı 16 batığının *in situ* plan, görünüş ve kesit çizimleri *Total Station*® cihazı kullanılarak elde edilen koordinat sistemi yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.2). Bu yöntemle batık üzerinde ölçülen binlerce nokta *AutoCAD*® programında birleştirilerek batığın 3 boyutlu görüntüleri kaydedilmiştir (Kocabaş, 2015a: 146-147). Elde edilen görüntülerin 2 boyutlu çıktıları alınarak üzerine Mylar® kâğıdı serilmiş, ölçülemeyen tüm detaylar tekrar ölçülmüş ve mevcut çizimlere eklenmiştir. Bu aşama sonucunda hem doğru ölçü hem de doğru doku elde edilebilmektedir. Ayrıntıların işlendiği çizimler taranarak bilgisayar ortamında tekrar çizilmiştir (Şekil 2.3).

Şekil 2.2: Yenikapı 16 üzerinde gerçekleştirilen *Total Station*® çalışması.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Şekil 2.3: *Total Station®* kullanılarak elde edilen *in situ* plan çizimi (sol);
detayların işlendiği revize edilmiş *in situ* plan çizimi (sağ).



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Ayrıca kaplamalar üzerindeki detaylar, asetata kopyalanarak kaplama yüzeylerinin 1:1 ölçeğinde iki boyutlu çizimleri elde edilmiştir. YK16'nın genel ve detay fotoğrafları çekilmiş, eğrili ve kaplamalı halini gösteren foto-mozaik çalışması gerçekleştirilmiştir.

2.3. Kazı Sonrası Belgeleme

YK16'nın ahşap elemanlarının, diğer Yenikapı Batıklarında olduğu gibi, İÜ Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı'nda 1:1 ölçeğinde temaslı digitizer cihazı ile üç boyutlu olarak çizimleri; fotoğraflama, fotomozaik ve katalog çalışmaları yapılmıştır. 2011-2014 yılları arasında gerçekleştirilen bu çalışmalar sırasında 47 adet döşek ve posta ile 3 adet yeri belli olmayan parçası *FaroArm®* cihazı ile çizilmiştir (Şekil 2.4) Bununla birlikte batık ahşaplarındaki ileri derecede bozulmuşluk oranı nedeniyle belgeleme çalışmalarına ara verilerek batık elemanları acil konservasyona alınmıştır (Kılıç, 2016; Kocabaş, Kılıç ve Asal, 2020).

Şekil 2.4: YK16 ahşap elemanlarının *FaroArm®* cihazı ile çizimi.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

2.4. Konservasyon

YK16 ahşapları üzerinde gerçekleştirilen analiz çalışmaları sonucunda, batık ahşaplarının ileri derecede bozulmaya uğradığı belirlenmiştir (Kılıç 2016; Kılıç, 2017). Bu durum doğrultusunda batığın konservasyonunda iki farklı yöntem uygulanmıştır. İlk aşamada batığın yüksek oranda bozulmaya uğramış, su içeriği yüksek bazı döşek ve postalarının, melamin formaldehit yöntemi ile konservasyonu yapılmış; bu işlemler 2013 yılında tamamlanmıştır. Batığın daha iyi durumda olan ahşap elemanları için, Yenikapı Batıkları Projesi'nde temel koruma yaklaşımı olan PEG ön emdirmesi ve vakumlu dondurarak kurutma yöntemine karar verilmiştir. Bu doğrultuda, ahşaplar %45 konsantrasyonda PEG 3350 ön-emdirmesi işlemleri için hazırlanma sürecindedir (Kılıç 2016; Kocabaş, Kılıç ve Asal, 2020).

2.5. Yapım Tekniği Araştırmaları

Yenikapı Batıkları Projesi kapsamında, İÜ ekibinin çalıştığı ilk kadırga olan YK16, diğer Yenikapı kadırgalarıyla birlikte değerlendirildiğinde, Orta Bizans Dönemi kadırgalarının yapım tekniği, boyutları ve kürekçilerin oturma düzenleri ve oturma aralıkları gibi daha önce bu dönem için bilinmeyen önemli bilgilere ulaşılmıştır. Gerçekleştirilen değerlendirme ve rekonstrüksiyon çalışmalarına göre YK16 kadırgasının orijinal boyutlarının yaklaşık 30 m uzunluğunda ve 4 m genişliğinde olduğu tahmin edilmektedir (Kocabaş, 2015b, 22-23; Kocabaş ve Özsait-Kocabaş, 2021). YK16'nın, her iki yanındaki kürekçi oturaklarının varlığı, aralıkları ve tahmini gövde boyutlarının değerlendirilmesi; restitüsyon ve maket çalışmalarına bağlı olarak, tek sıralı ve toplamda elli kürekli olduğu belirlenmiştir (Kocabaş ve Özsait-Kocabaş, 2021). Orta çağ kaynaklarında küçük kadırgalar tek direkli ve Latin yelkenli olarak betimlenmiştir (Pryor ve Jeffreys, 2006: 188-89).

2.5.1. Gemi Elemanları

Yenikapı 16 batığının mevcut ahşap elemanlarını dört adet omurga parçası, iç omurga, 139 sıra eğri (139 döşek + 33 posta), 6 adedi iskelede 25 adedi sancakta olmak üzere 31 adet kaplama, 3 adet çapa tahtası, 2 adet iç kuşak, kürekçi oturağı parçaları ve bir paraçol oluşturmaktadır. Geminin sancak tarafı üçüncü çapa tahtası üstüne kadar

korunurken iskele tarafında sadece 4 kaplama sırası günümüze ulaşmıştır (Şekil 2.5). Batığın özellikle iskele ve kıç tarafı yoğun olarak tahribata uğramıştır.

Şekil 2.5: Yenikapı 16 batığı genel durumu.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

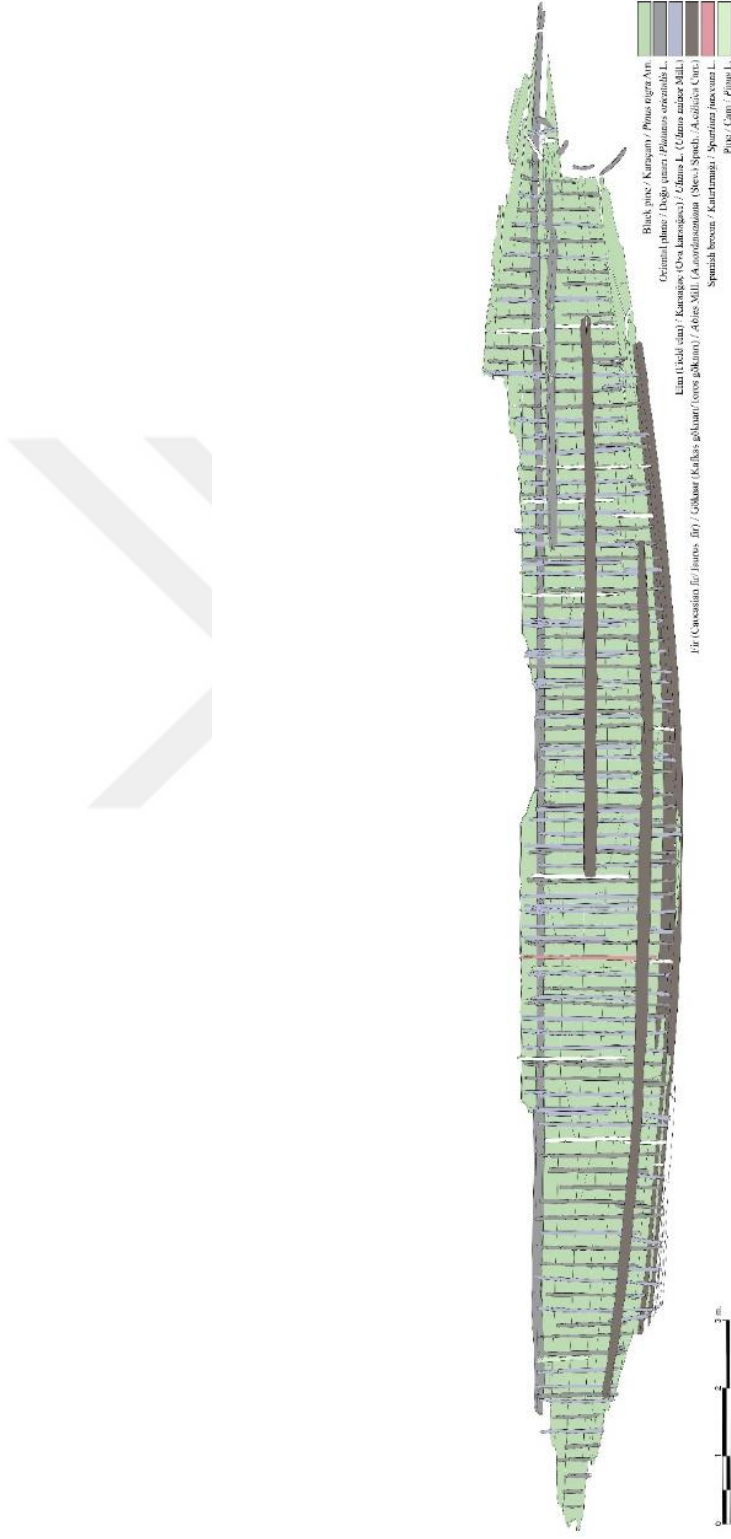
Batıĝın ahşaplarının cins/tür analizleri İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Mühendisliğı Bölümü Orman Botaniğı Anabilim Dalı başkanı Prof. Dr. Ünal Akkemik tarafından gerçekleştirilmiştir. Batık ahşaplarından alınan 239 örnek üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda doğu çınarı, karaağaç, göknar, karaçam, meşe ve katırtırnağı olmak üzere 6 farklı ağaç tespit edilmiştir (Akkemik, 2015: 57-63) (Tablo 2.1) (Şekil 2.6).

Tablo 2.1: Yenikapı 16 batıĝı ahşaplarının cins/türleri ve kullanım yerleri.

Ahşabın kullanıldığı yer	Ağaç cins/türü
Omurga İç omurga Eğrilerin yarısı	Doğru çınarı (<i>Platanus Orientalis</i>)
Eğrilerin yarısı	Karaağaç (<i>Ulmus</i>)
Çapa tahtaları İç kuşaklar Kaplama (SK7-1)	Göknar (<i>Abies</i>)
Kaplamalar	Karaçam (<i>Pinus nigra</i>)
Ahşap çiviler	Meşe (<i>Quercus</i>) Katırtırnağı (<i>Spartium junceum</i>)

Kaynak: Akkemik, 2015: 57-63.

Şekil 2.6: Yenikapı 16 batığı ahşap cins/türleri.



Kaynak: Akkemik, 2015, 56, fig.3.17.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GEMİ VE TEKNE ARKEOLOJİSİNDE 3 BOYUTLU (3B) BELGELEME VE MODELLEME ÇALIŞMALARI

Gemi inşasını tam olarak anlamak için gemiyi oluşturan ahşap elemanların derinlemesine belgelenmesi vazgeçilmez bir adımdır. Belgelemeyi içeren ölçümler, çizimler ve notlar eserlerin ham maddesini oluşturmaktadır. Bazı durumlarda gemi kalıntısından alınabilecek bilgiler yetersiz ve bu bilgileri elde etme fırsatlarımız sınırlı olabilmektedir. Öte yandan bu sınırlı bilgiler ile faydalı veriler üretmek de mümkündür. Bu duruma iyi bir örnek Danimarka Ulusal Müzesi Deniz Arkeolojisi merkezinin bir projesidir. 10 yüzyıla tarihlendirilen Ladby gemisinin çok az ahşabı korunmuş olmasına karşın zeminde kayık şeklinde bir baskı oluşturan perçinlerinin dikkatli bir şekilde ölçülmesi ile geminin şekli ve yapısının yeniden inşası mümkün kılınmıştır (Damme v.d., 2020; Hocker, 2000: 27).

3B dijital ölçme ve modelleme teknikleri, keşif, dokümantasyon, izleme için paha biçilmez bir dizi etkili araç ve aynı zamanda sualtı kültür varlığının kamuya yayılması ve farkındalığını temsil eder. Arkeolojik ihtiyaçlar, derinlik veya su bulanıklığı gibi çevresel koşullara bağlı olarak sensörler, teknikler ve yöntemlerin farklı şekilde kullanılması gerekebilir veya bu tekniklerin hiçbiri uygun olmayabilir (Menna, Agrafiotis, Georgopoulos, 2018: 232). Belgeleme yöntemini belirlemede her kazı kendi tekniğini belirler. Kazısı sualtında veya karada gerçekleştirilen batıklar arasında bilimsel ilkeler aynı fakat belgeleme yöntemleri farklılık gösterebilmektedir.

3.1. Kazı Alanında 3B Çalışmalar

3 boyutlu veri yakalama ve analizini önemli kılan çok sayıda faktör vardır. Saha çalışmasının sıklıkla gerçekleştiği sualtı ortamlarda, verileri hızlı bir şekilde yakalayan kayıt tekniklerine daha fazla güvenilmektedir. Bunun başlıca nedeni, teknelerin ve ekipmanın maliyetinin yanı sıra dalgıçların su altında yalnızca kısa süreler geçirebilmesidir (McCarthy v.d., 2019: 3).

Arkeolojik bir kazı sırasında kaydedilen verilerin miktarı ve kapsamı hayli geniştir. Belirli bir siteyi kaydetmek için kullanılan metodoloji, koruma durumuna,

sitenin karmaşıklığına ve önemine göre değişiklik gösterebilmektedir. Burada kaydın amacı, elde edilen her bilgiye eşit oranda ağırlık vererek bilginin yorumlanmasının kayıt yöntemini etkilenmesine izin vermeden, bilgiyi olabildiğince doğru ve eksiksiz olarak not etmektir. Bilim insanları ideal olarak, elde edilen bu kayıtlarından arkeolojik kalıntıyı yeniden yapılandırabilmelidirler (Bowens, 2009: 53, Institute for Archaeologists, 2008: 14).

Sualtı ortamlarında yaygın olarak kullanılan tekniklerden biri fotogrametridir. Fotogrametri tekniği eserlerin dokümantasyonunda ve bu eserlerin 3 boyutlu modellerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Bu teknik ile yüksek doğruluğa ulaşan 3 boyutlu verilerin elde edilmesi için farklı konumlardan bindirmeli ve ardışık olarak iki boyutlu (2B) sayısal görüntülerinin çekilmesi gerekmektedir. Bir sualtı kazısında fotogrametri, modelleme çalışmalarının dışında fotoğraftan ölçü alarak çizim ve haritalama yapılmasını da sağlamaktadır. Fotogrametrinin kullanımı, teknik ve zaman alıcı kaldığı için disiplinin ilk 30 yılı için önemli düzeyde ilgi uyandıramamıştır (Aguilar v.d. 2005: 336, Green 2004, 194–202, Marangoz ve Özen, 2020: 2, McCarthy v.d., 2019: 3). Fotogrametri tekniği, büyük potansiyelini iki avantajlı faktöre borçludur: nokta bulutu için fotoğraf elde etmenin basitliği ve esas olarak bir dijital kamera ve yazılım satın alınmasıyla ilgili düşük maliyetler (Martorelli, Pensa, Speranza, 2014: 83).

Fotogrametrik çalışmalar için çok sayıda yazılım vardır. *PhotoModeler* önde gelen bir fotogrametrik araç olarak uzun bir geçmişe sahiptir. *PhotoModeler* aslında kalibre edilmiş bir kamera kullanan fotoğraf üçgenleme programıdır. Aynı noktalara ait çoklu görüntüler sayesinde, kameranın ve merceğin geometrisi bilerek açıları hesaplar ve bu sayede çeşitli kamera konumlarından tüm geometri çözülebilmektedir (Green, Matthews, Turanlı, 2002: 283). Sualtında gerçekleştirilen fotogrametrik çalışmalar ile deniz tabanının üzerinde bulunan gemi ve tekne kalıntılarının son derece ayrıntılı incelemeleri yapılmaktadır (McCarthy v.d., 2019: 3). İyi örnekler arasında, İsveç Baltık Denizi'ndeki (Eriksson ve Rönnby 2017) iyi korunmuş bir gemi enkazının kapsamlı 3 boyutlu araştırmasını içeren Mars Projesi ve derin deniz ROV'larının bozulmamış en eski keşfedilen batıklardan bazılarını 3B araştırmak için kullanıldığı Karadeniz Projesi bulunmaktadır (Pacheco-Ruiz, Adams, Pedrotti 2018).

Fotogrametrik çalışmalarda kullanılan bir diğer yazılım *Structure from Motion (SfM)*'dir. *Structure from Motion (SfM)* kullanarak arkeolojik alanların 3B modellerini oluşturmak, yerleşik ve iyi belgelenmiş bir yöntemdir. 3B fotogrametri modelleri, batıkların özelliklerinin keşif sonrası analizi için bir fırsat sağlar (Rowland ve Hyttinen, 2017).

Sualtında gerçekleştirilen batık çalışmalarından yüksek çözünürlüklü 3B veri yakalamada fotogrametrik yöntemler dışında sonar teknikleri de tercih edilmektedir. Sonar tekniklerinden, *High resolution multibeam* kullanımı deniz tabanı üzerinde kalan enkazların bir metreden daha yüksek çözünürlüklerde 3B olarak yakalanmasına olanak sağlamaktadır. Sualtı ortamı için diğer önemli 3B algılama tekniklerinden lidar batimetri sığ su alanlarından 3B verileri algılama kabiliyetleri nedeniyle önemlidir, ancak maliyet ve kullanılabilirlik nedeniyle, *High resolution multibeam* ve fotogrametri kadar yaygın olarak kullanılmamaktadır (McCarthy v.d., 2019: 3).

Kara ortamında bulunan batıkların dokümantasyonunda 3 boyutlu belgeleme teknikleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu teknikler hem hızlı hem de teknik açıdan çok hassas sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır (Costa v.d., 2016: 241).

Tezin konusunu oluşturan Yenikapı 16 batığının bulunduğu Yenikapı Batıkları kazılarında *in situ* 3 boyutlu ölçülerin alınmasında *Total Station®* cihazı kullanılmıştır. Jeodezik yöntemlerle ölçüm yapan bu cihazda ölçüm sırasında ahşap elemanlara herhangi bir tahribatın verilmemesi için teması en aza indirgeyecek reflektörsüz *Total Station®* cihazı tercih edilmiştir (Şekil 3.1). Ahşap elemanlar üzerine 10-15 cm aralıklarla belirlenen ve batık büyüklüğüne bağlı olarak yaklaşık 4.000-10.000 arasında nokta ölçümü gerçekleştirilmiştir (Özsait-Kocabaş, 2012: 53, Kocabaş, 2015a: 146).

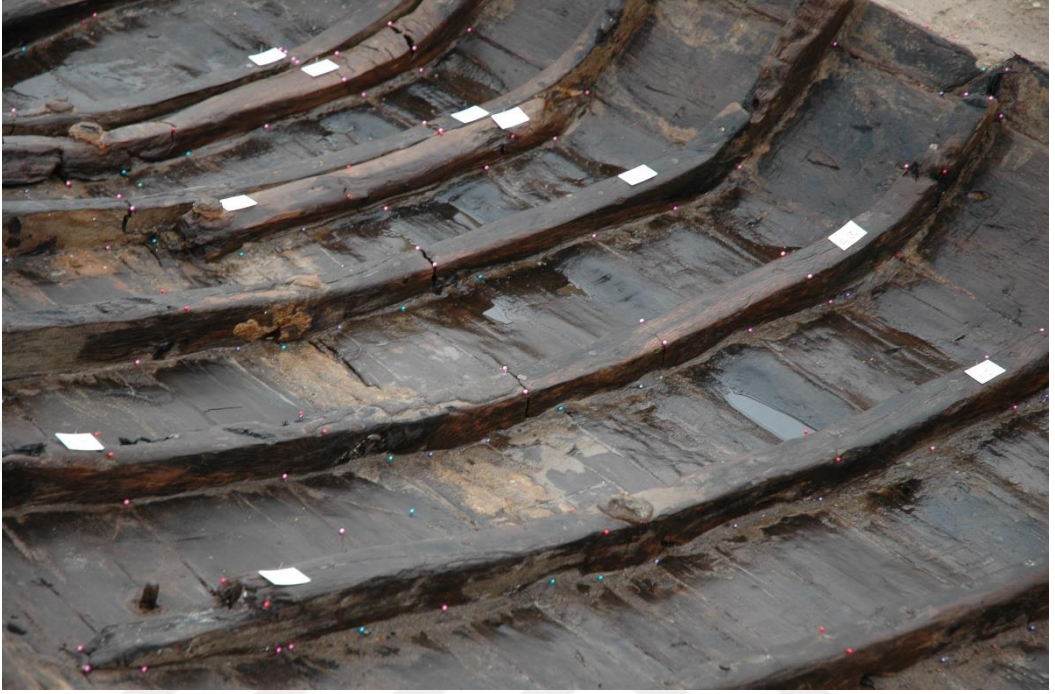
Şekil 3.1: Yenikapı 35 batığı *Total Station®* ölçümleri.



Kaynak: Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Yenikapı Batıklarında geleneksel üç nokta yöntemi ve *Total Station®* ile gerçekleştirilen belgeleme çalışmalarının yanında *PhotoModeler* çekimleri de gerçekleştirilmiştir. Çekimlerin öncesinde referans oluşturmaları için gemi elemanlarının kenar hatları ve köşelerini takiben eğrilere mavi, kavela merkezlerine kırmızı, kaplama sıralarına pembe toplu iğneler yerleştirilmiştir (Şekil 3.2). Ek olarak farklı açılardan çekilen tüm fotoğraflarda görülecek şekilde kırmızı ve beyaza boyalı jalonlar kullanılmıştır (Şekil 3.3). Batıkların üzerindeki referans noktalarından üçgenleme yapılarak gerekli kalibrasyon işlemleri tamamlanmış, tripod üzerine yerleştirilen kamera ile fotoğraflanmıştır (Özsait-Kocabaş, 2012: 60).

Şekil 3.2: Referans oluşturma için yerleştirilen renkli toplu iğneler.



Kaynak: Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

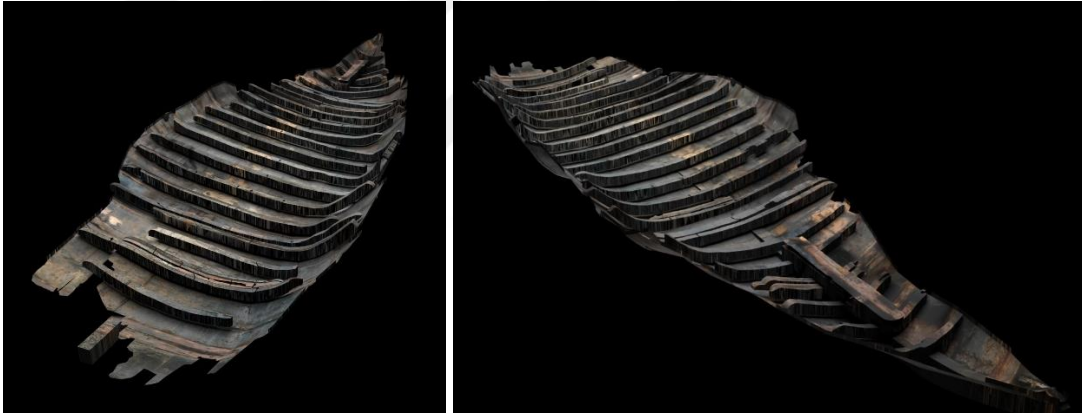
Şekil 3.3: Referans oluşturma için yerleştirilen 3 boyutlu ölçek ve jalonlar.



Kaynak: Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Kazı alanında çekilen fotoğraflardan en nitelikli olanlar seçilmiş ve açıları hesaplanarak modellemeye altlık olacak geometri tamamlanmıştır. Daha sonra farklı açı ve perspektiflerde çekilmiş fotoğrafların eklenmesiyle 3 boyutlu modeller geliştirilmiştir. Bu işlemler için *PhotoModeler Pro* programı kullanılmış ve tamamlanan tel iskelet model etlendirme için *Rhinoceros®* programına aktarılmıştır. Burada elde edilen 3 boyutlu modeller istenilen açılarda JPEG formatında depolanmaktadır (Şekil 3.4) (Özsait-Kocabaş, 2012: 60). Yenikapı Batıklarında gerçekleştirilen 3 boyutlu çalışmaların ilk aşamalarında kullanılan *PhotoModeler Pro* programı yerini istenen illüstrasyonlar için gerekli bilgileri sağlaması nedeniyle *Total Station®* cihazına vermiştir (Özsait-Kocabaş, 2010b: 44).

Şekil 3.4: Yenikapı 6 (YK6) Batığının 3 boyutlu görüntüleri.



Kaynak: Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

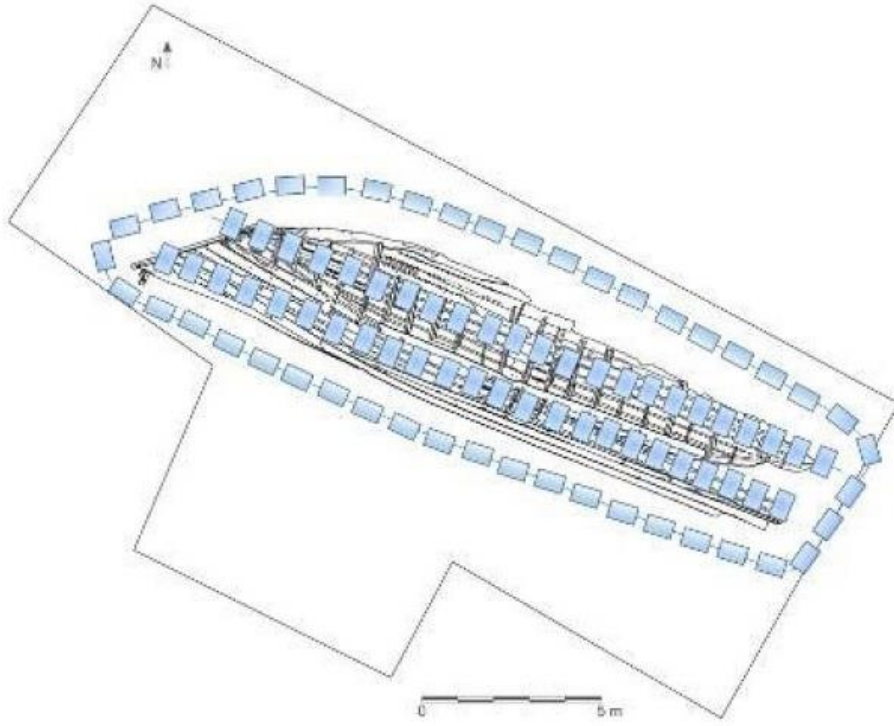
3B lazer tarayıcılar, gönderdiği lazer ışınları ile cisimlerden sık aralıklarda elde ettiği koordinatlı nokta bulutları sayesinde bilgisayar ortamında 3B modellerinin elde edilmesini sağlamaktadır. Nokta bulutları, lazer tarama ve fotogrametri gibi farklı tekniklerle elde edilebilir. Fotogrametri, lazer taramaya kıyasla, aynı zamanda çok hızlı, pahalı ekipman gerektirmez (Costa v.d., 2016: 237).

Emilia Romagna Arkeoloji Müfettişliği tarafından Valle Pega'daki 6. yüzyıldan kalma Santa Maria kilisesi kalıntıları yakınında 2008 yılında gerçekleştirilen bir deneme kazısında yaklaşık 15 m uzunluğunda bir tekne açığa çıkarılmıştır. 5. yüzyıla tarihlendirilen bu teknenin 2014-2015 yıllarında kazısı gerçekleştirilmiştir. Kazı, Emilia Romagna Arkeolojik Miras Müfettişliği tarafından Mario Cesarano

başkanlığında, teknenin belgeleme çalışmaları ile çoklu görüntü fotogrametrisi ve lazer taramalı yüzey araştırması yapılarak Elisa Costa ve Carlo Beltrame tarafından yürütülmüştür (Costa v.d., 2016: 237).

İki sezonda gerçekleştirilen belgeleme çalışmalarında çoklu görüntü fotogrametrisi için yaklaşık %60 ve üç şerit arasında %20 örtüşme ile doğru görüntüler alınmış daha sonra bu görüntüler *Agisoft Photoscan Professional Edition* uygulamasında nokta bulutu oluşturulmuştur. Elde edilen nokta bulutu ile ağ ve doku oluşturularak 3 boyutlu model oluşturulmuştur (Şekil 3.5 - 3.6) (Costa v.d., 2016: 238).

Şekil 3.5: Kamera çekiminin düzenlenmesi.



Kaynak: Costa v.d., 2016: 239.

Şekil 3.6: 2014 yılı çoklu görüntü fotogrametri modeli.



Kaynak: Costa v.d., 2016: 239.

360° ölçüm yaparak arkeolojik alanın ve etrafının belgelenmesine olanak tanıyan lazer tarayıcı *Faro Focus 3D* ile de tekne gövdesi 3 boyutlu olarak belgelenmiştir (Şekil 3.7).

Şekil 3.7: Çalışmalarda *Faro Focus 3D* lazer tarayıcı kullanımı.



Kaynak: Costa v.d., 2016: 239.

Fotogrametrik yöntemle elde edilen 3B modellerin lazer tarayıcı ile elde edilenlerle doğruluğunu değerlendirmek için yapılan bir karşılaştırmada lazer tarayıcıların ortam ışığı koşullarına daha duyarlı olduğundan, aydınlatma koşulları daha iyi 3 boyutlu veri toplamaya izin verdiği, fotogrametri tekniğinin ise lazer sistemlerden daha az doğru olmasına rağmen, hızlı oluşunu göstermektedir (Martorelli, Pensa, Speranza, 2014).

3.2. Kazı Sonrasında 3B Çalışmalar

Arkeolojik gemi ahşaplarının kazı sonrası gerçekleştirilen belgeleme çalışmaları söz konusu olduğunda giderek daha fazla dijital araç karşımıza çıkmaktadır. Eserleri olabildiğince objektif bir şekilde ve mikron hassasiyetinde kaydetmede üç boyutlu dijital dokümantasyon, doğru, açık ve hızlıdır. En yüksek doğruluk düzeyine her bir parçanın tam ölçekte belgelenmesi ile ulaşılabilmektedir (Ravn, 2012: 313; Crisman, 1993: 313).

2002 yılında Newport, Galler’de bir sanat merkezi inşaatı sırasında 15. yüzyılın ortalarına tarihlendirilen Newport Orta Çağ gemisi bulunmuştur (Jones, 2009; Nayling ve Jones, 2012). 2004 yılında gemi elemanlarının belgeleme çalışmalarında en doğru ve verimli yöntemi belirlemek için farklı birkaç yöntem denenmiştir. Geleneksel 1:1 düzlem izleme, lazer tarama ve *digitizer*, Newport Gemi Projesindeki personel tarafından test edilmiştir. Konservasyondan sonra ve teşhir sırasında boyutsal değişimi test etmek için gemi elemanları ile karşılaştırılabilir olması, orijinal gövde formunu açıklayan bilgisayar tabanlı ve fiziksel modellerin geliştirilmesine yardımcı olması gibi birçok faydasından dolayı *digitizer FaroArm® 8 fitlik Platin* modeli kullanılmıştır (Jones, 2015:160) (Şekil 3.8).

Şekil 3.8: Newport Orta Çağ gemisine ait döşeğin belgelenmesinde *FaroArm®* kullanımı.



Kaynak: Jones, 2015:163.

Yenikapı Batıkları Projesi’nde ise kazı sonrasında batık elemanlarının 1:1 ölçekli çizimlerinin yapılmasında *digitizer* ölçüm cihazı *FaroArm® Fusion* modeli kullanılmaktadır (Şekil 3.9). Türkiye’de arkeoloji alanında ilk kez İstanbul Üniversitesi ekibi tarafından kullanılmaya başlanmıştır (Kocabaş, 2015a: 156; Kocabaş, 2015b: 9; Özsait-Kocabaş, 2010b: 42).

In situ pozisyonadaki gemi gövdesini bileşen parçalarına indirgeyerek görülemeyen birleşme detaylarının kaydedilmesi, gemilerin yapım teknikleri, kullanım süreleri ve birçok önemli verinin ipuçlarını taşıyan bu yüzeylerin detaylı incelenmesi ve değerlendirilebilmesi için bire bir çizimlerin yapılması vazgeçilemez bir basamaktır (Crisman, 1993: 313; Kocabaş, 2015a: 156).

Şekil 3.9: Yenikapı Batıkları Projesinde *FaroArm®* cihazı kullanımı.



Kaynak: Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Gemi elemanlarının 1:1 ölçekli kayıtları, suya doymuş eserleri daha sonra konservasyonu tamamlanmış eserlerle karşılaştırmayı mümkün kılmaktadır ve böylece koruma sürecinden kaynaklanan büzülme derecesi belirlenebilmektedir. Birebir kayıtlar aynı zamanda gemilerin sergileme aşamalarına gelindiğinde gemi elemanlarının montajına olanak sağlamaktadır (Ravn, 2012: 313).

Digitizer cihazları gemi elemanlarının 3 boyutlu belgelenmesinin haricinde tam ölçekli rekonstrüksiyonların başarısının denetiminde de kullanılmaktadır (Hocker, 2002). 1999 yılında Als'ta denize indirilen Hjortspring teknesinin replikasını ölçmek için 3 boyutlu *digitizer* olan *Microscribe* ve *Total Station®* gibi yöntemler kullanılmıştır (Hocker, 2000: 27) (Şekil 3.10).

Şekil 3.10: Hjortspring teknesinin replikasının *Microscribe* ile çizimi.



Kaynak: Crumlin-Pedersen, 2003: 35.

Gemi ve tekne arkeolojisinde kazı sonrası 3 boyutlu belgeleme çalışmalarında *digitizer* cihazları dışında büyüyen bir eğilim, 3 boyutlu tarama cihazları kullanarak bireysel gemi ahşaplarının kaydedilmesi çalışmalarıdır. Bu amaçla, lazer tarama, *Structured Light Scanning* ve fotogrametri dahil olmak üzere bir dizi farklı 3B tarama yöntemi kullanılabilmektedir (Şekil 3.11). Bu dijital teknolojilerin doğruluk, taşınabilirlik, düşük maliyet ve hızlı edinme gibi özelliklerinin her biri, arkeolojik alanlarda özellikle ahşap tekneler için önemlidir. Seçilen yöntemden bağımsız olarak 3 boyutlu tarama prosedürünün sonucunda ahşabın fiziksel olarak nokta bulutu veya ağ formatında, ölçekli bir dijital 3 boyutlu kopyası oluşmaktadır (Costa v.d., 2016: 241; Damme v.d., 2020:4).

Şekil 3.11: Gemi elemanlarının 3 boyutlu belgelenmesinde kullanılan farklı tarama cihazları.

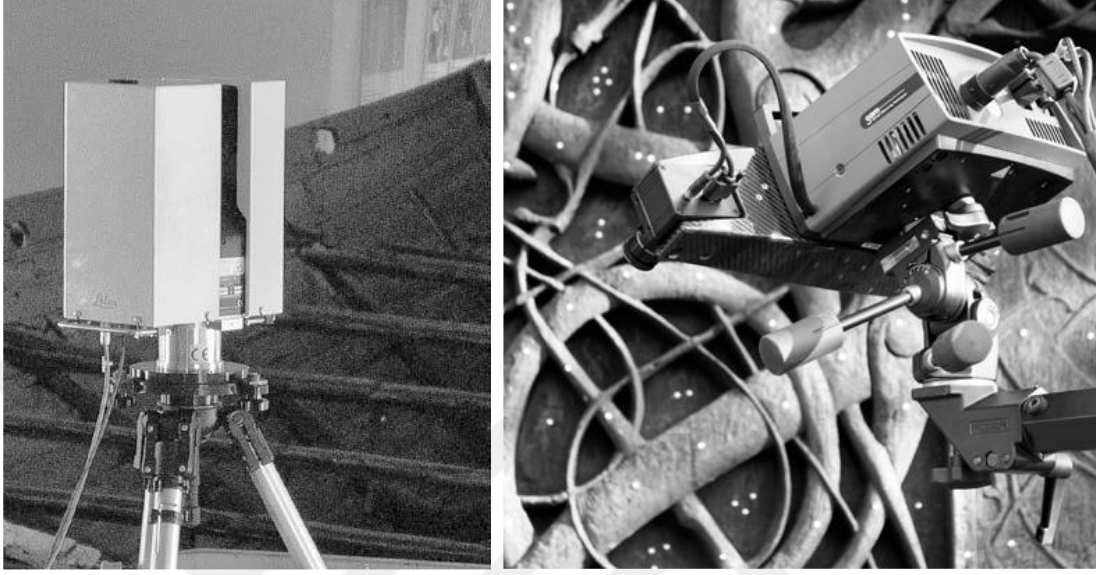


Kaynak: 3 boyutlu tarama çalışmalarında kullanılan farklı tipte tarama cihazları (a.www.artec3d.com; b.www.creaform3d.com; c.www.faro.com).

MS 820’de inşa edilen ve bir tümülüse gömülen Oseberg gemisi, 1904 yılında kazılmış ardından kısa bir süre sonra Oslo’daki Viking Gemi Müzesi’nde sergilenmek üzere bir araya getirilmiştir. 1987 yılında sergilenen geminin çizimlerine dayanarak tam ölçekli bir rekonstrüksiyon denemesi olan Dronningen inşa edilmiştir. Gemi ilk deniz denemesinde yaklaşık 10-15 saniye içerisinde 8-10 knot hıza ulaştığında alabora olmuştur. Neyin yanlış gittiği konusunda birçok hipotez üzerinde durulmuş ve sergilenen geminin detaylı bir şekilde incelenmesine karar verilmiştir (Bischoff, 2010: 4; Bischoff, 2012: 337).

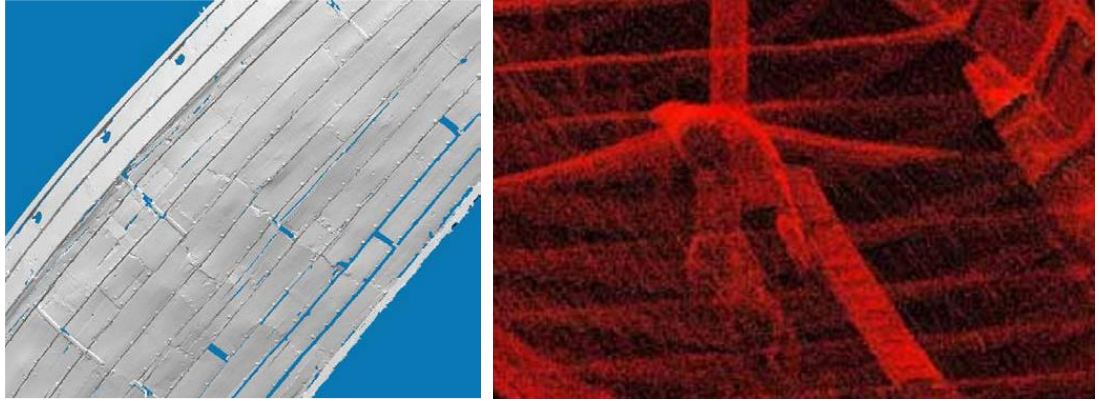
2006 yılında tüm döşeme tahtaları kaldırılarak geminin içi sistematik olarak fotoğraflanmış, iki farklı tarama yöntemi kullanılarak geminin hem içi hem de dışı belgelenmiştir. Dış kısım 10 punto / mm² ve minimum 0,5 mm hassasiyetle bir optik tarayıcı ile belgelenmiştir. İç kısım ise 0,3 nokta / mm², 6,0 mm hassasiyetle lazerle taranmıştır (Şekil 3.12-3.13) (Bischoff, 2010: 5; Bischoff, 2012: 338).

Şekil 3.12: Oseberg gemisinin taranmasında kullanılan iki tür tarayıcı: Leica HDS 4500 (lazer tarayıcı) ve bir GOM Atos HR (optik tarayıcı).



Kaynak: Paasche, 2010: 191.

Şekil 3.13: Oseberg gemisinin iki farklı tarayıcı ile tarama çalışmaları.

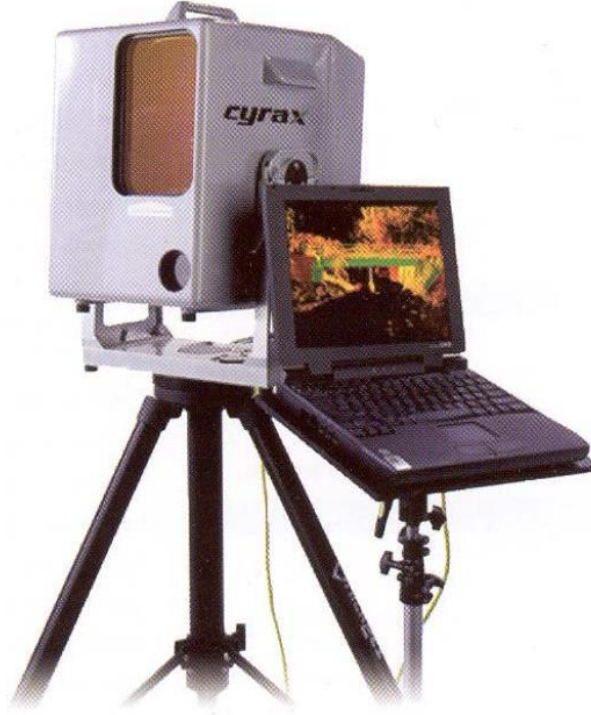


Kaynak: a) Optik tarama Paasche, 2010: 192; b) Lazer taraması Bischoff, 2020: 55.

Kazısı gerçekleştirilen ilk Viking gemisi olan Tune gemisi, yaklaşık MS 900 lü yıllara tarihlendirilmektedir. Gemi 1867 yılında Oslo fiyort bölgesindeki bir mezar höyüğünde bulunmuştur (Paasche, 2010: 14; Paasche, 2020: 31). Keşfinden bu yana detaylı çalışmalar gerçekleştirilmemiştir fakat belgeleme yöntemlerindeki ilerlemeler ile elde edilen veriler doğrultusunda geminin nasıl görüldüğüne dair öneriler sunmaktadır (Paasche, 2020: 29).

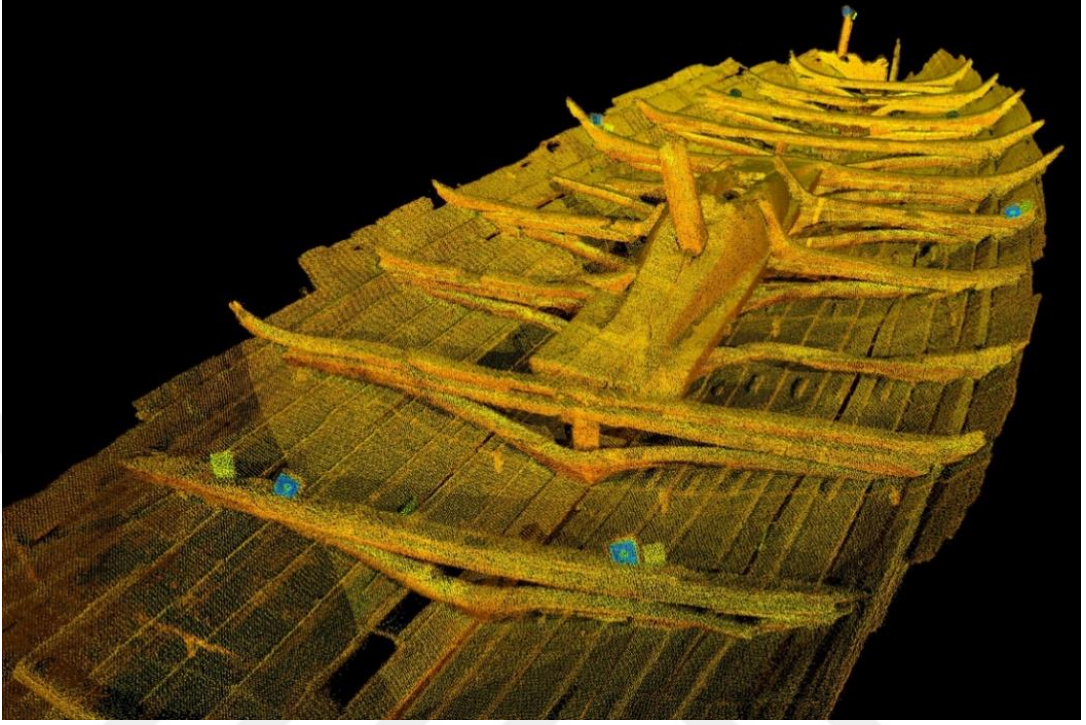
Tune gemisinin belgeleme çalışmalarında *Cyra Technologies* isimli bir Amerikan şirketine ait bir sistem kullanılmıştır. Stand üzerinde bulunan bir tarayıcı, uygun yazılıma sahip bir dizüstü bilgisayar ve bir güç kaynağından oluşan sistem lazer tarayıcı olan Cyra 2500'dür (Şekil 3.14). Lazer 40 derecelik ışık ışınlarını yayarak saniyede 800 noktaya kadar ölçüm yapabilmektedir. Öncelikle ışın nesneye çarpar ve ardından tarayıcıya geri atılmaktadır. Cihazın içindeki ayna, ışığın dikey ve yatay açılarını ve ayrıca yansımanın geri gelmesinden önceki süreyi kaydederek noktaların konumunu hesaplamaktadır (Paasche, 2010: 105; Paasche, 2020: 34). Cihaz ayrıca ölçümü gerçekleştirilen nesneden yansıyan lazer ışığının yoğunluğu da kaydederek yüzeydeki renk ve doku farklılıklarını da kaydedebilmektedir (Paasche, 2010: 106) (Şekil 3.15).

Şekil 3.14: Taramada kullanılan Cyra Tarayıcı 2500.



Kaynak: Paasche, 2010: 106.

Şekil 3.15: Tune gemisinin lazer tarayıcı ile elde edilen nokta bulutu.



Kaynak: Paasche, 2020: 34.

3.3. Kazı Sonrası Belgeleme Çalışmalarında 3B Temashlı Digitizer Cihazının Kullanımı

3.3.1. FaroArm® Cihazının Kullanım Alanları ve Özellikleri

FaroArm® otomobil, gemi inşası ve mühendislik alanlarında 3B incelemeler, boyut analizi, tersine mühendislik ve ürün kalitesinin kolayca doğrulamasını sağlayan, tipik olarak hem dönen hem de uzanan eklemlerle birbirine bağlanan taşınabilir bir koordinat ölçüm makinesidir (Faro 1, 2021; Jones, 2015: 138). 20'den fazla farklı modele sahip *FaroArm®* cihazları ve aksesuarları (problar, adaptörler, prob uçları, kablolar, yuvalar, kablo bataryaları, vb.) FARO'nun sahip olduğu ve işlettiği fabrikalarda FARO tarafından tasarlanmakta ve üretilmektedir (Şekil 3.16) (Faro 2, 2021, Faro 3 2021).

A collection of FARO laser measurement tools is displayed. The items include a large blue storage bin, several conical probes of different sizes, a blue tripod-mounted scanner, a handheld scanner, a turntable, a software box, and a set of tools in a case. The tools are arranged on a light blue background with a faint image of a robotic arm.

1,2 metrelik ölçüm aralığına sahip *Gage Plus* ve *Power Gage* modelleri 0.005 mm ye kadar hassasiyete, yine 1,2 metrelik ölçüm aralığına sahip *Gage* modeli ise 0.025 mm ye kadar hassasiyete sahiptir. Beş farklı ölçüm aralığına sahip (1,2m, 1,8m, 2,4m, 3,0m ve 3.7m) *Advantage* ve *Titanium* modelleri değişen ölçüm aralığına göre 0.036 mm'den 0.414 mm'ye kadar hassasiyete sahip iken dört farklı ölçüm aralığına sahip (1,8m, 2,4m, 3,0m ve 3.7m) *Fusion*, *Platinum*, *Prime* ve *Quantum* modelleri ise değişen ölçüm aralıklarına göre 0.023 mm'den 0.175 mm'ye kadar hassasiyete sahiptir (Şekil 3.17).

Şekil 3.17: Farklı *FaroArm®* modelleri.



Kaynak: www.faro.com.

Cihazın çoklu dönme eksenleri sayesinde kolun ucundaki prob ucunun herhangi bir yere ulaşmasını sağlar. *FaroArm®*' in içindeki izleme sistemi, her eklemin dönme derecelerini sürekli olarak tespit eder ve eklemler arasındaki bilinen sabit mesafeleri kullanarak, prob ucunun sabit bir tabana göre x, y, z koordinatlarını belirler (Jones, 2015: 139).

Bir *FaroArm®* cihazının doğruluğunu tanımlayan ve koruyan üç farklı terim kullanılmaktadır. Dengeleme, kalibrasyon ve sertifikasyon terimlerinin her biri çok özel durumları ifade etmesinin yanında, dengeleme anlamında birbirinin yerine de kullanılmaktadır. En doğru ölçüm performansını elde etmek için bu terimleri, bunların cihazımıza nasıl uygulanması gerektiğini bilmemiz gerekmektedir (Faro 4, 2021).

Dengeleme

Dengeleme, *FaroArm®* koordinat sistemine göre prob ucunun merkezini belirler. Problemleri her değiştirdiğimizde veya çalışma ortamımız değiştiyse yani cihazı başka bir ortama taşıdıysak doğruluk ile ilgili endişelerimiz varsa cihaza kendimiz dengeleme ayarlamaları yapmamız gerekmektedir. Özel ekipman ve eğitim gerektiren algoritmik ve mekanik olarak dengeleme için ise cihaz Faro servis merkezine götürülmektedir. Bu süreç cihazı belli bir doğruluk aralığında tutarak performansını ayarlamamıza fayda sağlar (Faro 4, 2021).

Kalibrasyon

Endüstri tarafından tanımlanan ve belirtilen kalite gereksinimlerine dayalı olarak üretici tarafından geliştirilen ve belgelenen, ölçüm değerlerini bilinen standartlarla karşılaştıran bir test veya testler dizisidir. Kalibrasyonun sonucu, karşılaştırma sapmalarının bir listesidir. Sapmalar cihaz için belirtilen değer aralığındaysa sonuçlar başarılı olarak kabul edilir (Faro 4, 2021).

Sertifika

Her *FaroArm®*, prob çapı kalifikasyonu ihtiyacını ortadan kaldırmak için bireysel küre çaplarının denetlendiğini ve sertifikalandırıldığını göstermek için bir kalibrasyon sertifikası ile teslim edilir (Şekil 3.18) (Faro 5, 2021). Kalibrasyon tamamlandıktan sonra sağlanan bu sertifika kalibrasyon karşılaştırmalarını, sapmaları ve kalibrasyonun başarılı/başarısız sonuçlarını göstermektedir. Ayrıca cihazın geçerli olan kalibrasyon standartlarına ve prosedürlerine uygunluğunu doğrular (Faro 4, 2021).

Şekil 3.18: Kalibrasyon Sertifikası.

Calibration Certificate

Part Description: Fusion Certification Date: 6.14.2010 Serial: U12-05-10-25976

Single Point - (Max-Min) Specification: U12-05 124mm (.0049") Certificate: U2597640343

Volumetric (Max Deviation) Specification: U12-05 +/-175mm (+/- .0069") Temperature: See attached data

Measurement Standards Traceability	Asset Number	Calibration Due	*SI Traceability
Kinematic Scale Bar - Long	TQ1387	8.3.2010	*SI Traceability: LAB-TQ138740218
Kinematic Scale Bar - Short	TQ1370	8.3.2010	*SI Traceability: LAB-TQ137040218
Thermometer	TQ1217	11.9.2010	*SI Traceability: DKO-K-06701-1470
Reference Sphere	TQ527	10.24.2010	*SI Traceability: NIST-821/270114-04
Calibration Probe	TQ353	12.22.2010	*SI Traceability: NIST-821/270114-04

The artifacts above have been calibrated with a device traceable to the International System of Units (SI) through a National Metrological Institute (NMI) or through an ISO/IEC 17025 Accredited Laboratory.

Measurement uncertainty is 0.004 mm + 1.25 micrometers, where X = length in millimeters.

Uncertainty is expressed at approximately a 95% level of confidence using k=1.96.

Calibration Results*

3 Point Probe Articulation Tests at <=25%, 25%-50% and >=50% range. PASSED

1 2 Probe diameter sphere test. PASSED

20 + diameter ball bar tests in 4 quadrants and 2 orientations. PASSED

*Measurements in accordance with ISO 10360:2004. See attached data for measurement results.

Instrument condition as received: None

Technician: [Signature] Date: 6.14.10

FARO Technologies, Inc.
FARO Swiss Manufacturing
PH1-41 (52) 6873940
FAX-41 (52) 6871995
L-A-B Cert Number: L1147.05-1

Wiesengasse 20
8222 Benningen
Switzerland

FARO

Page 1 of 5

LABORATORY ACCREDITATION BUREAU
ISO/IEC 17025 Accredited

File: control/records/05manufa/partspec/KH08-0495.apis Rev1 RevDate: 12/08/04

Kalibrasyon veya sertifikalandırma için bir zaman aralığı verilmemektedir. Burada dikkate alınması gereken *FaroArm®*'in hassas bir ölçüm cihazı olmasıdır. Çalışma ortamlarında stres ve darbelere maruz kaldığında doğruluğunu koruyacak şekilde tasarlanmış olmasına karşın kullanım sıklığına, çevre koşullarına ve genel proje gereksinimlerine göre periyodik olarak kalibrasyon ve sertifikalandırma cihazın performansını ve doğruluğunu arttırmaktadır (Faro 4, 2021, Faro 6 2021).

3.3.2. Batık Ahşaplarının Çiziminde 3B Temashı Digitizer Cihazının Kullanımı

Batık elemanlarının laboratuvar ortamında tam ölçekli belgelenmesinde, cam üzerinden veya doğrudan ahşaplar üzerine serilen asetat kâğıdına yüzeylerin kopyalanması, ilk batık araştırmalarından bu yana kullanılan başlıca yöntem olmuştur. Bununla birlikte, buluntu sayısının çok olduğu, hassas doğrulukla birlikte hızlı kayıt gerektiren çalışmalarda, gelişen teknolojik imkânların arkeolojiye uyarlanmasıyla yeni yöntemler geliştirilmiştir (Özsait-Kocabaş, 2010a: 13-23). Burada, bir dizi kısa vaka çalışması ile digitizer cihazlarının kullanma fikrinin nasıl başladığı ve günümüzde kullanılan kayıt yönteminin içeriği anlatılacaktır.

1957-1962 yılları arasında, Danimarka'daki Roskilde fiyordunda yaklaşık MS 1000 civarına tarihlendirilen beş Viking gemisinin kazısı gerçekleştirilmiştir (Steffy, 1994: 108). Skuldelev gemilerine ait ahşap elemanların 1:1 ölçeğinde belgelenmesi, şeffaf polyester folyolar üzerine mum kalemler kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.19) (Petersen ve Strætkvern, 2020: 52).

Şekil 3.19: Skuldelev gemilerinin 1:1 çizimi.



Kaynak: Petersen ve Strætkvern, 2020: 52.

1997’de Roskilde’de Viking Gemileri Müzesi inşaatı sırasında Roskilde gemileri kazılmıştır (Petersen ve Strætkvern, 2020: 48). Roskilde gemilerinin dokümantasyonu sırasında kullanılan teknik Skuldelev gemilerinin ki ile aynıdır; fakat mum boya kalemlerinin yerine suya dayanıklı asetat kalemleri kullanılmaya başlanmıştır. Roskilde’de, gemi elemanlarının 1:1 ölçeğinde incelenmesi, büyük asetat kağıtları üzerine suya dayanıklı asetat kalemler ile doğrudan iz düşüm yoluyla çizilmesi yıllar boyunca gerçekleştirilmiştir. Bu durum karşısında, gemi elemanlarının elektronik bir ortamda doğrudan üç boyutlu belgelenmesi için yeni tekniklere ihtiyaç duyulmuştur (Hocker, 2001: 21; Holm 1998: 30).

1998 yılında Danimarka Ulusal Müzesi Deniz Arkeolojisi Merkezi'nden Jorgen Holm ve Fred Hocker, *MicroScribe 3D* ve *FaroArm®* gibi gelişmiş *digitizer* cihazları ile denemeler yapmışlardır. Temaslı Digitizer cihazları, kalem ucunun kesin 3B konumunu izleyen ve kaydeden bir koordinat ölçüm cihazının kalemini kullanarak bir ahşabın tüm önemli özelliklerini ve ana hatlarını izlemeyi içerir. Bu cihazlar ile

denemeler yapılmış, *MicroScribe*'ın prob ucunun değiştirilememesi dezavantajından dolayı 2000 yılında *FaroArm® Sterling* modeli 10 fit digitizer cihazı satın alınmıştır ve *Rhinoceros®* çizim programı ile birleştirilmiştir (Şekil 3.20). Bu sayede dokümantasyonun doğruluğu arttırılarak gemi elemanları daha eksiksiz bir şekilde belgelenebilir ve daha sonra rekonstrüksiyon için bilgisayarda bir araya getirilebilmektedir (Damme v.d., 2020:3; Hocker, 2000: 30; Ravn, 2012: 314).

Şekil 3.20: Roskilde gemilerinin *FaroArm®* cihazı ile belgelenmesi



Kaynak: Petersen ve Strætkvern, 2020: 53.

Digitizer ile yakalanan verileri görüntülemek ve düzenlemek için üç boyutlu bir çizim programına ihtiyaç duyulmaktadır. *FaroArm®*'ın geliştirildiği Viking Gemi Müzesi'nde bu ihtiyacı karşılamak için *Rhinoceros®* programı kullanılmaktadır. Farklı özellik türlerini temsil eden farklı katmanlar, CAD yazılımı *Rhinoceros®*'ta gerçek zamanlı olarak kaydedilmektedir. Program Windows platformları için tasarlanmıştır

ve NURBS⁸ (*Non Uniform Rational Basis Spline*) geometrisine dayanmaktadır (Damme v.d., 2020:3; Ravn, 2012: 314). Ayrıca diğer tüm tasarım, çizim, CAM, mühendislik, analiz ve işleme yazılımları ile uyumludur (*Rhino 1*, 2021) (erişim 13.10.2021).

2000 yılından beri gemi ahşaplarının birebir belgelenmesinde en iyi bilinen ve en yaygın kullanılan araç *FaroArm®* ticari markalı digitizer cihazı'dır. *FaroArm®*, Kolding Cog, Roskilde gemileri, Newport gemisi, Drogheda teknesi, Yenikapı batıklarının birçoğu ve Arles-Rhone dahil olmak üzere çok sayıda projede yaygın olarak kullanılmıştır (Damme vd., 2020:3; Hocker,2002; Jones, 2015). Genellikle yüzlerce parçadan oluşan gemi elemanlarının belgelenmesi zorlu bir iştir. Fakat geminin orijinal karakterinin ve bireysel tarihinin analizi için gerekli bir temeldir. Bu sayede gemi elemanlarının 3 boyutlu geometrisi milimetrenin altında hassasiyetle dijital formatta kaydedilmektedir (Holm, 1998: 30; Jones, 2015: 138).

3.3.3. Yenikapı Batıklarında 3B Temashı Digitizer Cihazı ile Belgeleme

İlk Çalışmalar

İÜ Yenikapı Batıkları Projesi'nde ilk digitizer cihazı 2008 yılında, Prof. Dr. Ufuk Kocabaş'ın yürütücüsü olduğu "2294 numaralı "İÜ Yenikapı Batıkları Projesi: *In Situ* Çizim, Foto-Mozaiik, Yerinden Kaldırma" projesi kapsamında İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından satın alınmıştır. Belgeleme öncesi ahşapların temizlenmesi için 8m boyunda 1 metre genişliğinde bir paslanmaz çelik yıkama masası ve çizim sırasında kullanmak 8m boyunda 80 cm genişliğinde bir çizim tezgâhı yaptırılmıştır. *FaroArm®* cihazı ve cihazın kullanılabilmesi için gerekli donanım İÜ Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı'na kurulmuştur. *FaroArm®* çalışmaları FARO firması uzmanların cihaz hakkında eğitimleri ile başlamıştır. 2009 yılında arkeolojik gemilerin belgelenmesinde *FaroArm®* cihazı ile

⁸ NURBS, Non Uniform Rational Basis Spline, basit bir 2B çizgi, daire, yay veya eğriden en karmaşık 3B organik serbest biçimli yüzeye veya katıya kadar herhangi bir şekli doğru bir şekilde tanımlayabilen 3B geometriyi matematiksel temsilleridir. Esneklikleri ve doğrulukları nedeniyle NURBS modelleri, illüstrasyon ve animasyon üretimine kadar herhangi bir süreçte kullanılabilir (www.rhino3d.com/features/nurbs/) (erişim 13.10.2021).

alışan ilk uzmanlardan Dr. Frederick M. Hocker'ın katılımıyla YK12'nin ahşapları üzerinde bir alıştay gerçekleştirilmiştir (Özsait-Kocabaş, 2022: 40) (Şekil 3.21).

Şekil 3.21: YK12 Batığı ahşapları üzerinde gerçekleştirilen *FaroArm®* alıştayı.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Arşivi.

Oluşan ihtiyaçlar dâhilinde, 2009 yılında ikinci bir *FaroArm®* cihazı ve paslanmaz elik çizim tezgâhı Prof. Dr. Ufuk Kocabaş'ın 3907 numaralı “Yenikapı Batıkları Projesi 2009” projesiyle satın alınarak İÜ Yenikapı Batıkları Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı'na kurulmuştur. 2010 yılında ise belgeleme çalışmalarında kullanmak üzere bir elik tezgâh daha yaptırılmıştır (Şekil 3.22).

Şekil 3.22: YK3 Batığı ahşaplarında *FaroArm®* cihazı ile çizim.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Arşivi.

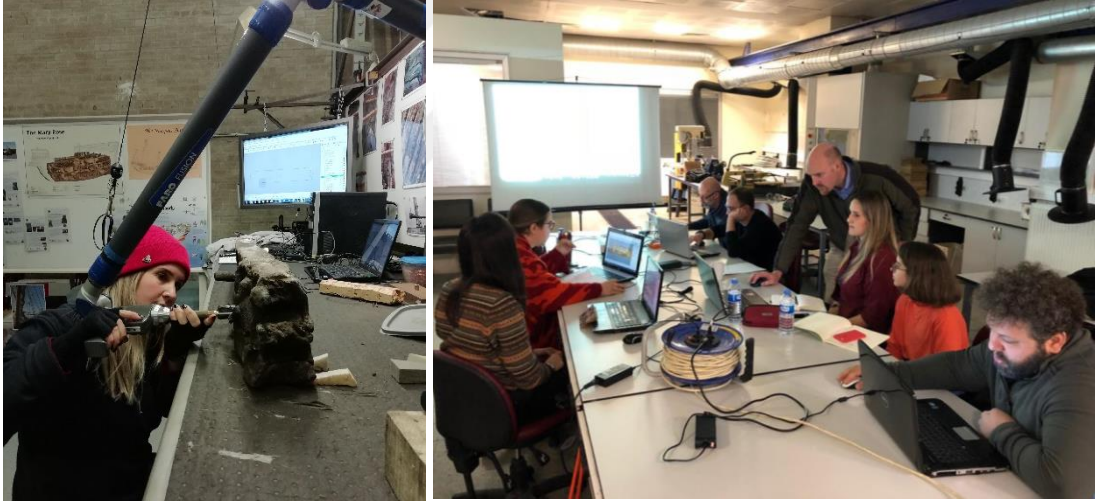
Gelişimi

2008 yılından itibaren YK12, YK3, YK6, YK20, YK27 batıklarının tüm ahşap elemanları ve YK16 batığının çoğu eğrisinin birebir belgeleme çalışmaları *FaroArm®* cihazları ile gerçekleştirilmiştir. Kullanılan cihazlarla, ahşap elemanlar üzerinde gemi yapım tekniklerinin belirlenmesinde referans olabilecek alet izleri, kesit ve plan görünüşleri, ahşap ve metal bağlantı elemanları, ahşap damarları, tahrip olmuş kısımlar, orijinal geçmeler gibi 25 farklı unsur değerlendirilerek *Rhinoceros®* programında farklı renklerde kaydedilmiştir (Kocabaş vd., 2012: 68- 69; Çetiner 2013; Güler, 2019: 18; Türkmenoğlu, 2017: 29).

Laboratuvarda belgeleme düzeneği ve imkânları günümüze kadar yapılan çeşitli projeler ile geliştirilerek çalışmalar sürdürülmüştür. 2018-2022 yılları arasında, İÜ Sualtı Kültür Kalıntılarını Koruma Anabilim Dalı öğretim üyesi Dr. Evren Türkmenoğlu tarafından NEWTON-64- Arkeolojik Gemilerin Dijital Belgeleme ve

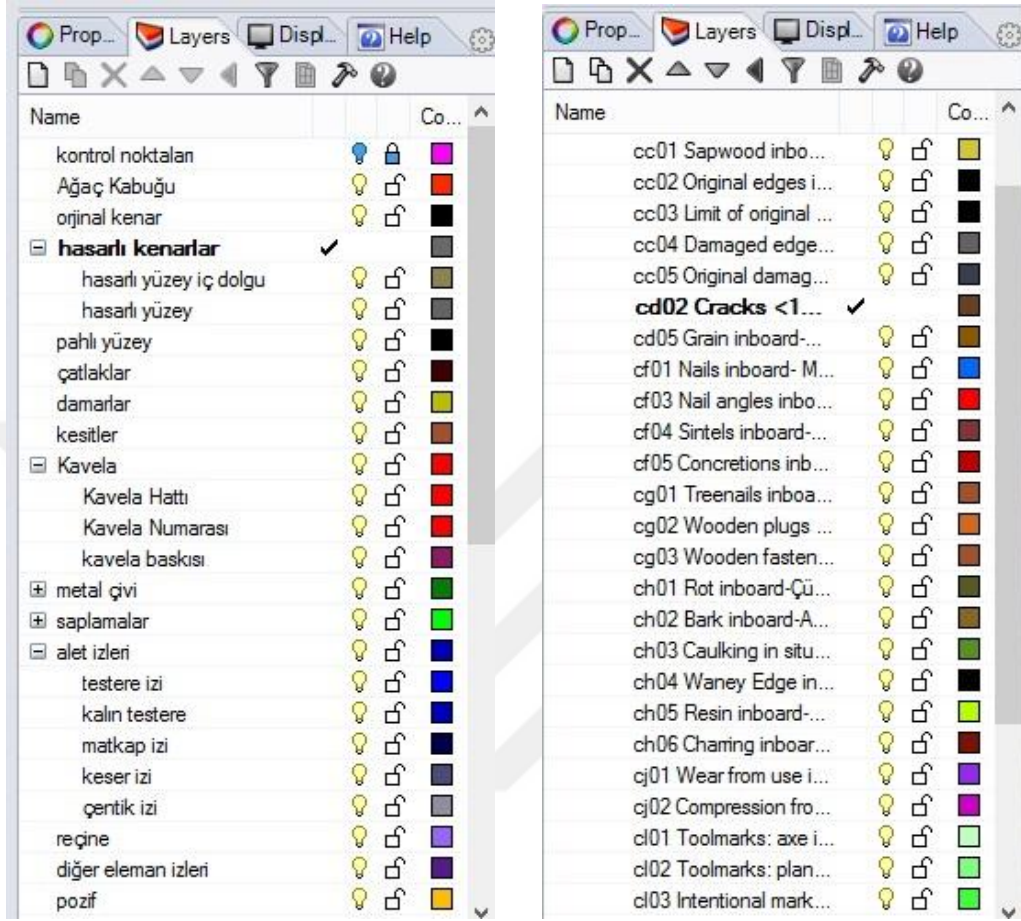
Modellemeleri Projesi gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında gemi elemanlarının belgelenmesinde digitizer cihazlarının kullanımı, *Rhinoceros*® yazılımı yardımıyla modelleme, modellenen gemi elemanlarının 3B ıktıları ile fiziki araştırma modellerinin yapılması konusunda proje ortak kuruluşu University of Wales Trinity Saint David'den Dr. Nigel Nayling ve Newport Medieval Ship Centre'dan Dr. Toby Jones ile çalışılmıştır (şekil 3.23). Projede düzenlenen çalıştaylar sonucunda, *FaroArm*® cihazı ile *Rhinoceros*® yazılımında gerçekleştirilen çizimlerde uluslararası dil birliği sağlamak amacı ile Newport Ortaçağ Gemi projesi ekibinin geliştirmiş olduğu katman sistemi kullanılmaya başlanmıştır (şekil 3.24).

şekil 3.23: Newport Medieval Ship Center (sol) ve İÜ Gemi Konservasyon ve Rekonstrüksiyon Laboratuvarı'nda (sağ) gerçekleştirilen alıştaylar.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Şekil 3.24: Eski ve güncel katman sistemi.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Bu yeni sistem ile YK16 ve YK19 numaralı batıklar üzerinde çalışılmıştır. Belgeleme ve yapım teknolojisine yönelik incelemeler amacıyla batıkların tüm ahşap elemanların *FaroArm® 3B digitizer* cihazı ile belgelenmesi işlemi İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Projesi Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı'nda halen devam etmektedir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YENİKAPI 16 BATIĞININ 3B DİJİTAL ÇİZİM VE MODELLEME ÇALIŞMALARI

4.1. Yenikapı 16 Batığının 3B Temaslı Digitizer Cihazı ile Çizimi (2018-2022)

Yenikapı 16 batığının tüm elemanlarının belgelenmesinde *FaroArm® Fusion* modeli tercih edilmiştir. *FaroArm®* ile elde edilen tüm verileri toplamak ve modellemek için *Rhinoceros®* sürüm 5 ile çalışılmıştır. YK16 batığının 2011-2014 yılları arasında 36 adet döşek, 11 adet posta ve 3 adet yeri belli olmayan parçası *FaroArm®* cihazı ile çizilmiştir. Tez kapsamında, 2018-2022 yılları arasında 130 adet eğri, omurgaya ait 4 parça, iç omurga, 31 adet kaplama, 3 çapa tahtası, 2 iç kuşak, paraçol ve 8 adet yeri belli olmayan parçanın çizimi tamamlanmıştır. Gemi elemanlarının belgeleme çalışmalarına başlamadan önce çalışma alanı kurulmuştur. Laboratuvarında yer alan genişliği 80 cm olan 10 metre uzunluğundaki paslanmaz çelikten imal edilmiş tezgâh üzerine geçici olarak yerleştirilmiş, çizim alanını kısıtlayan malzemeler kaldırılmıştır. Tezgâh temizlendikten sonra üzerine 3x50x100 cm'lik oldukça sert bir plastik olan polistiren levhalar yerleştirilip üzerine asetat filmi çekilmiştir. Laboratuvardaki aydınlatmaya ek olarak tezgâh üzerine çizilecek parçanın boyutuna göre konumu değiştirilebilen ve görülmesi zor olan gemi yapımına dair ipuçları taşıyan alet izlerinin görülmesini sağlayacak şekilde eğimli ışık kaynakları eklenmiştir (Şekil 4.1).

Şekil 4.1: Çizim alanının düzenleme çalışmaları.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Yüzeylerinde bulunan detayların genellikle kil, toprak, kalafat tarafından kaplı olmasından dolayı ahşaplar çizim tezgâhına alınmadan önce mekanik olarak temizlenmesi gerekmektedir. Yüzeyden alınması kolay olan yumuşak tabakalar basit dişçi aletleri ve su ile alınırken, metal çivi ve saplamalar etrafında oluşan daha sert korozyon ürünlerini almak için çekiç ve keski kullanılmaktadır (Şekil 4.2). Temizlik işlemleri sırasında daha sonra gerçekleştirilebilecek analizler için örnekler alınmaktadır. Ayrıca mekanik temizlik sırasında önemli bağlantı detayları fotoğraflanmıştır.

Şekil 4.2: Çizim öncesi gerçekleştirilen mekanik temizlik çalışması.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Mekanik temizlik işlemleri tamamlandıktan sonra her bir gemi elemanının tek tek fotomozaik görüntüleri için bindirmeli fotoğraf çekimleri gerçekleştirilmiştir. Temizlik ve fotoğraf işleri biten ahşaplar çizim tezgahına alınmaktadır. Bu işlemlerin düzenli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için Yenikapı 16 batığına ait tüm parçalarının bir çalışma listesi oluşturulmuştur (Şekil 4.3).

Kaplamalar gibi iki yüzeyli ahşaplar her zaman iç yüzeyi yukarı ve kaplamanın baş tarafı sola gelecek şekilde masaya yerleştirilmiştir. Eğri sistemini oluşturan döşekler ve postalar gibi dört yüzeyli ahşaplar ise çoğunlukla baş yüzeyleri yukarı gelecek şekilde yerleştirilmiştir.

Şekil 4.3: Yenikapı 16 Batığı Çalışma Listesi.

Etiket No	Faro Çizim	Fotomozaik	Detay Fotoğrafi	Katalog	Dendro Örnek	C14 Örnek	Cins/Tür Örnek
OM1							
OM2							
OM3							
OM4							
İÇ OM							
E1							
E01							
E2							
E02							
E03							
SNC E3							
İSK E4							
E5							
SNC E6							
İSK E7							
E8							
İSK E9							
SNC E10							
E11							
SNC E12							
İSK E13							
E14							
SNC E15							
İSK E16							
E17							
E17 S(B)1							
SNC E18							
İSK E19							
E20							
E20 S(K)1							
İSK E21							
SNC E22							
E23							
E23 S(B)1							
İSK E24							
SNC E25							
E26							
SNC E27							
İSK E28							
E29							
E29 S(B)1							
SNC E30							
İSK E31							
E32							
E32 S(K)1							
İSK E33							
SNC E34							
E35							
E36							

Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

4.1.1. 3B Temashı Digitizer Cihazı ile Belgeleme Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Belgeleme işlemi sırasında, arkeolojik ahşap eserlerin orijinal çevresel durumunda tutulması gerekmektedir. Bu, ahşabın bünyesindeki suyun korunmasını anlamına gelmektedir. Aksi takdirde, ahşap susuz kalacak ve eserler geri dönüşümü olmayacak şekilde fiziksel olarak hasara uğrayacaktır. Bunu engellemek için çizim sırasında eser belli aralıklarla ıslatılmaktadır (Ravn, 2012: 314; Steffy, 1994: 202).

Bir diğer dikkat edilmesi gereken husus ise belgeleme sırasında çalışma planındaki belirlenenler dışında ilgisiz özelliklerin belgelenmesi eğilimidir. Bu, çizim üzerinde aşırı bilgi yüklenmesine neden olarak sonuçları karmaşık hale getirebilmektedir. Bu duruma karşılık önemli olmadığı düşünülen birçok özellik de sonraki araştırmalarda önemli olabilmektedir. Gelecekteki araştırma ve yeniden inşanın doğruluğu gemi elemanlarının ne kadar iyi kaydedildiğine bağlı olduğundan, gemi elemanlarının doğru ve eksiksiz bir şekilde kaydedilmesine önem verilmektedir (Ravn,2012: 315; Steffy, 1994: 191).

Her gemi elemanı aynı derecede korunmuş olmadığı için yüzeylerden edinilecek bilgiler farklılık göstermektedir. Yenikapı 16'nın eğrilerinin çoğunun yapımında tercih edilen doğu çınarı ağacı zamanla yumuşamış ve yüzeyi aşınmıştır. Bu eğrilerin çoğunda gemiyi inşa eden ustanın yapımında kullandığı alet izleri gözlemlenememiştir. Nispeten yüzeyi daha iyi korunmuş olan karaağaçtan imal edilmiş eğrilere, yüzeyde bulunan alet izlerini tespit etmeye dikkat edilmiştir.

Farklı işlevlere sahip gemi elemanlarının çizimine başlamadan önce çizim sırasında nelerin dikkat edilmesi gerektiğine dair sorular oluşturulmuş ve sorular çizim sırasında cevaplandırılmaya çalışılmıştır. Gemi elemanlarının birbirlerine bağlantılarını sağlayan ahşap ve metal çivilerde görülen önemli detaylar hem çizim programına hem de çiviler için oluşturulan formlara işlenmiştir. Yüzeylerde görülen alet izleri, reçine, kalafat vb. özelliklerin çizim aşamasında da detay fotoğrafları çekilmiştir.

Çizimin sistemli bir şekilde gerçekleştirilmesi için, *FaroArm®* ile belgeleme sırasında bir kontrol listesi kullanılmalıdır. Bu kontrol listesi *Rhinoceros®*'ta bir

katman sistemi olarak tasarlanabilmektedir. Yenikapı Batıkları Projesi’nde tüm gemi elemanları için aynı katman sistemi kullanılıyorken 2018 yılında başlayan “Arkeolojik Gemilerin Dijital Belgeleme ve Modellemeleri” projesi sonrasında Newport Orta Çağ Gemi Projesi ekibinin oluşturduğu gemi elemanlarının belgelenmesi için ayrı katmanların oluşturulduğu ve her katmanın kendi rengi ve alfa sayısal önekinin atandığı bir katman sistemi kullanılmaya başlanmıştır. Yenikapı Batıkları Projesinde bu katman sistemi Türkçe-İngilizce çift dilli kullanılmaktadır.

4.1.2. Katman Sistemi

Program üzerinde oluşturulmuş evrensel bir dil haline gelmiş kodlu katman sisteminde hangi parçanın çizildiği fark etmeden ortak olarak genel katmanlar yer almaktadır. Bu genel katmanlar içerisinde alt katmanlar bulunmaktadır. Bunlar gemi elemanının kalibrasyonunun yapılmasına imkân veren kontrol noktaları, ölçek ve çizimi gerçekleştirilen parçanın isminin, çizimin yapıldığı tarihin ve çizimi yapan kişinin not edilmesi için etiket katmanlarıdır.

Genel katmanların içerisinde yer aldığı iki yüzeyli ahşap eleman, dört yüzeyli enine ahşap eleman, dört yüzeyli boyuna ahşap eleman ve dört yüzeyli merkezi ahşap elemanların çizimlerinin yapılmasında kullanılan üst katmanlar bulunmaktadır (Şekil 4.4). Bu üst katmanlar içerisinde yer alan alt katmanlar aynıdır. Bu alt katmanlarda sırasıyla kenarlar, çatlaklar, damarlar, ahşap çivi, metal çivi, çivilerin merkezleri, aşınma, alet izleri yer almaktadır. Kesitler ve etiketler katmanları gemi elemanının çizilmemiş diğer yüzüne geçmeden önce ahşap üzerinde en son çizilenler olduğu için listenin sonunda yer almaktadır.

Rhinoceros® yazılımı sürüm 5’te katmanların ve alt katmanların kullanılması çizim aşamasında kolaylık sağlamaktadır. Örneğin iki yüzeyli bir ahşap olan kaplamaları çizerken iç yüzeyin çizimi tamamlanıp dış yüzeye geçildiğinde, diğer yüzeye ait çizgiler kafa karışıklığına sebebiyet vermemesi için iç yüzeye ait tüm katmanları tek bir tuşa basarak kapatmak mümkün olmaktadır (Jones, 2015: 200).

Ortak bir görsel oluşturan katman sistemi belgeleme işini yapan kişilerin diğer gemi batıklarından gemi elemanlarının çizimlerini anlamalarına yardımcı olmaktadır.

Şekil 4.4: Çizimde kullanılan katmanlar.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Katman İsimleri ve Açıklamaları

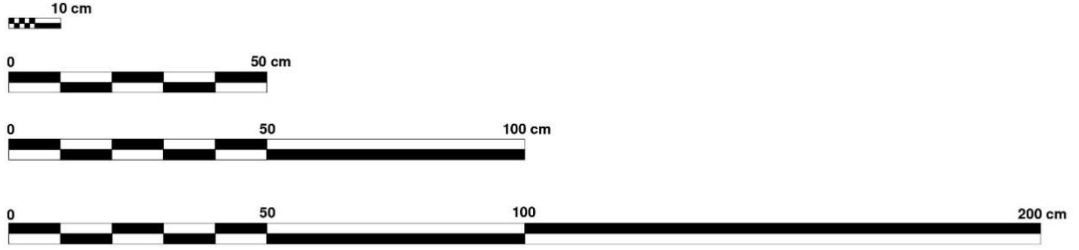
Yenikapı 16 batığının belgelenmesinde kullanılan katman isimleri ve açıklamaları sırası ile listelenmiştir.

Ölçek

Önceden hazırlanan farklı boyutlardaki ölçeklerden gemi elemanının boyutuna göre yerleştirilen ahşabın boyutuna dair bir ipucu vermektedir (Şekil 4.5).

RGB Renk Kodu: 127, 127, 255

Şekil 4.5: Çizimlerde kullanılan farklı boyutlardaki ölçekler.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Kontrol Noktaları

Kontrol noktaları, kazı sonrası kayıt işlemi sırasında gemi elemanlarına yerleştirilen düz *torx* başlı paslanmaz çelik ağaç vidalarıdır. Gemi elemanının boyutuna göre iki farklı ölçüde vida kullanılmıştır. Biri 6 mm çap x 16 mm uzunlukta diğeri ise 7 mm çap x 20 mm uzunluktadır. Oldukça hasara uğramış ve vidanın takılmasının mümkün olmadığı ahşaplarda ise harita çivileri kullanılmıştır. Bu kontrol noktaları çizimler tamamlandıktan sonra da eserler üzerinde yer alacak kalıcı referans noktalarıdır.

RGB Renk Kodu: 0, 255, 255

Etiket

Etiket katmanı gemi numarası, gemi elemanının kodu ve çizimin yapıldığı tarihi vermektedir.

(Örnek: YK-16 İÇK2 04.07.2022)

RGB Renk Kodu: 63, 63, 255

Orijinal Kenarlar

Eserin hasar görmemiş orijinal kenarlarını tanımlamak için kullanılan katmandır. Ahşabın genel şeklini ve ana hatlarını tanımlamaya yardımcı olan bu katman ilk çizilen katmandır.

RGB Renk Kodu: 0, 0, 0

Hasarlı Kenarlar

Eserin hasara uğramış, ezilmiş veya kırılmış kenarlarını tanımlamak için kullanılan katmandır. Bu alanlar genellikle eserin geometrisi hakkında sınırlı bilgi edinmemize neden olmaktadır.

RGB Renk Kodu: 99, 97, 97

Çatlaklar

Bu katman ahşaptaki kılcal çatlaklardan derin çatlaklara kadar tüm çatlaklar için kullanılmıştır. Çatlaklar genellikle gemi elemanlarının birbirlerine bağlantısında kullanılan metal çivilerden kaynaklanmaktadır.

RGB Renk Kodu: 107, 65, 35

Damar

Bu katman, herhangi bir budak veya ağacın damarlarını kaydetmek için kullanılmıştır. Gemi elemanları üzerindeki damarların kaydedilmesi ile ağacın neresinden imal edildiğine dair bir bilgi sağlanmış olmaktadır.

RGB Renk Kodu: 139, 90, 0

Çivi Açıları

Bu katman genellikle metal çivilerin merkezleri ve çivi açılarını göstermek için kullanılmıştır. Metal çiviler çoğunlukla kör bağlantı deliklerine sahiptir ve çivi bir yüzeyden girer diğer taraftan çıkmaz. Bu deliklerin açısını bulmak için çivi deliğine kumpasın metal çubuğu yerleştirilir ve çubuğun çıktığı yerde merkezinde çoklu bir çizgi başlatılır. Belirli bir mesafe verilerek çizgi metal çubuk üzerinde tamamlanır (Şekil 4.6). Ardından çivi deliğinin derinliği ölçülerek not edilir. Çivi deliğinin dışında uzatılan ve çivinin açısını gösteren çizgi, deliğin derinliğinin ölçüsü kadar ahşap içerisine ilerletilir.

RGB Renk Kodu: 255, 0, 0

Şekil 4.6: Metal çivilerin açısının gösterilmesi.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Korozyon

Bu katman, metal çivilerin etrafındaki korozyon ürünlerini kaydetmek için kullanılmıştır. Ahşap üzerindeki yoğun korozyonlu alanlar çizim öncesinde mekanik olarak temizlenmiştir. Bunun nedenlerinden biri metal çivinin kesitini ve derinliğini anlayabilmek; diğeri ise konservasyon aşamasında kullanılacak malzeme ile etkileşimini engellemektir.

RGB Renk Kodu: 191, 0, 0

Ahşap çiviler

Bu katman ahşap çivilerin veya boş ahşap çivi deliklerinin yerlerini belirtmek için kullanılmıştır. Ahşap çiviler ve boş ahşap çivi delikleri programda yer alan *polyline* komutu kullanılarak kapalı bir çizgi oluşturularak kaydedilmiştir. Bu çizginin kapalı olarak çizilmesinin sebebi programın çivinin merkezini doğrudan bulmasını sağlamaktır. Bu kapalı çizgiler eşit mesafelerde yaklaşık 20 nokta alınarak çizilmiştir. Bu nokta sayısının az olduğu durumlarda ise yuvarlak olan ahşap çivilerin köşeli yüzeylere sahip olduğu sanılacaktır (Şekil 4.7). Nadiren karşılaşılan ve tamamen açılmamış ahşap çivi deliği de yine bu katman ile kaydedilmiştir. Bu çivi deliğinin

derinliğini ve şeklini kaydetmek için uzun bir prob ucuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu detayları işleyebilmek için Haziran 2020 de prob ucu değiştirilmiştir (Şekil 4.8).

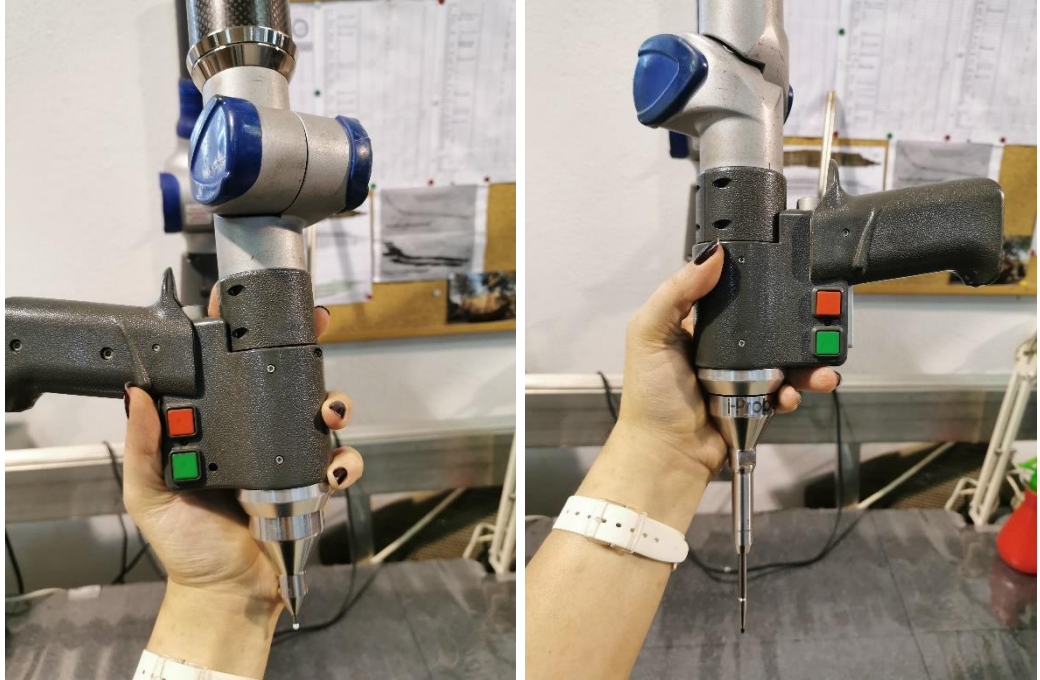
RGB Renk Kodu: 160, 82, 45

Şekil 4.7: Nokta sayısına göre değişen ahşap çivi formu.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Şekil 4.8: Eski ve yeni prob ucu.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Ahşap Çivi Merkezleri

Bu katman tüm ahşap çivilerin merkezleri, çivi açıları ve kaplama kenar kavelalarının merkezlerini göstermek için kullanılmıştır.

RGB Renk Kodu: 160, 81, 45

Kalafat

Bu katman, kaplamalardan su sızmasını engellemek için armuzlar arasında, onarımlarda ve dolgularda kullanılan kalafatın kaydedilmesi için kullanılmıştır.

RGB Renk Kodu: 89, 144, 37

Kullanım Kaynaklı Aşınma

Bu katman, kürekçilerin eğriler üzerinde oluşturduğu ayak baskısı ile oluşan aşınma, kaplamalar üzerinde gemiye ağırlık yapması için kullanılan balast taşlarının oluşturduğu aşınma gibi zamanla oluşabilecek hasarları belgelemek için kullanılmıştır. Bu alanlar çizim sırasında detaylı bilgi sağlamak açısından fotoğraflar ile desteklenmiştir.

RGB Renk Kodu: 145, 44, 238

Eğri Baskı İzi

Bu katman, döşek veya postaların, kaplamalar üzerinde baskı ile oluşturduğu izleri kaydetmek için kullanılmıştır (Şekil 4.9).

RGB Renk Kodu: 205, 0, 205

Şekil 4.9: SK3-1 etiket numaralı kaplama üzerindeki eğri baskı izi.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Balta İzleri

Bu katman, yapım aşamasındaki balta kullanımından kaynaklanan izleri kaydetmek için kullanılmıştır.

RGB Renk Kodu: 191, 255, 191

Kasıtlı İşaretler

Bu katman, ustanın gemiyi inşa sırasında ahşap üzerine işlediği çentikler, belirli çizgiler ve benzeri izleri tanımlamak için kullanılmıştır.

RGB Renk Kodu: 63, 255, 63

Testere izleri

Bu katman yapım aşamasındaki testere kullanımından kaynaklanan izleri kaydetmek için kullanılmıştır.

RGB Renk Kodu: 0, 191, 0

Kesit

Bu katman, ahşaptaki yüzey değişiminin yaşandığı yerlerdeki enine kesitleri ve kenar hatlarını kaydetmek için kullanılmıştır. Ahşabın genel formunu belirleyen bu enine kesitler ile ayrıca bir ahşabın 3 boyutlu modelini oluşturmak da mümkündür.

RGB Renk Kodu: 255, 165, 0

Yazı ve Sembol

Bu katman, kaplamalar üzerinde yer alan eğrilerin oturduğu yerleri gösteren etiketleri çizim üzerinde belirtmek için; aynı zamanda kaplama, omurga, iç omurga, iç kuşak ve çapa tahtaları gibi boyuna elemanlarda baş/kıç yönünü, döşek ve postalarda ise sancak ve iskele yönünü belirtmek için de kullanılmıştır. Bu katman ayrıca gemi elemanının yüzeyinde bulunan detaylar veya bağlantı elemanları ile ilgili detaylar verilirken de kullanılmıştır.

RGB Renk Kodu: 255, 0, 255

Ortak bir görsel oluşturan katman sisteminin geliştirildiği Newport Orta Çağ Gemi projesinde çalışılan gemi kuzey geleneğinde yapıldığı için kaplamaların birbirlerine bindirmeli bir şekilde bağlantıları sağlanmıştır. Bu yüzden Akdeniz geleneği yapımından farklı olarak kaplamalarda klinker çivileri ve cıvata pulları bulunmaktadır (Şekil 4.10). Newport Orta Çağ Geminde karşılaşılan fakat Yenikapı Batıklarında kullanımı bulunmayan bu yapım detaylarına ait katmanlar, *Rhinoceros®*'taki katman sisteminde bulunmamaktadır. Yenikapı Batıkları Projesinde kullanılan katman sistemine ise sonrasında reçine ve yanık izi katmanları eklenmiştir.

Şekil 4.10: Klinker çivisi ve cıvata pulu.



Kaynak: H.Güler.

Reçine

Bu katman, gemi elemanlarının birbirlerine geçmelerle bağlandığı birleşme yerlerinin dayanımını arttırmak için özellikle yapıştırma amaçlı kullanılan reçinenin kaydedilmesi için kullanılmıştır.

RGB Renk Kodu: 182, 255, 0

Yanık İzi

Bu katman, kaplamaların gemi inşa sırasında gövde formuna göre şekil verilmesi için ateşle yakılma işleminden kalan izleri kaydetmek için kullanılmaktadır.

RGB Renk Kodu: 125, 18, 4

4.1.3. Kalibrasyon

Çizime başlarken öncelikle cihazın kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir. Burada ilk adım, cihazın kolundaki her bir eklem için 360° döndürülmesi ile eklemlerdeki referans kodlayıcıların aktifleştirilmesidir. İlk olarak laptop ve *FaroArm®* açılmakta ve bağlantıları sağlanmaktadır. Sonrasında *Rhinoceros®* programı açılarak programın *FaroArm®* ile bağlantısı gerçekleştirilmektedir. *Rhino*'da *connect digitizer* simgesi seçildikten sonra *FaroArm®*'in kollarını probdaki kırmızı ışık söne kadar döndürülmektedir.

Cihazın kalibrasyonu tamamlandıktan sonra gemi elemanının bulunduğu çizim tezgahının program üzerinde bir düzlem oluşturulması için dik üçgenin köşelerini noktalar kabul ederek bir üçgen çizilmektedir. Bu üç nokta arasındaki mesafenin bir önemi yoktur; fakat noktalar arasındaki açının 90° olması gerekmektedir. Üçgeni oluşturan noktaların zeminde belirtilmesinden sonra işlem tamamlanmaktadır. Bu şekilde *Rhinoceros®*'daki çalışma düzlemi ile gemi elemanının çizim tezgâhı üzerinde bulunduğu düzlem 3 boyutlu olarak aynı hizaya gelmektedir. Oluşturulan bu 3 boyutlu ortamda *FaroArm®*'in çalışma yönü kontrol edilmektedir. Komut satırından *DigSketch* seçilerek, imlecin görünmesi sağlanmakta sonrasında prob ucunu belli şekiller çizerek ekranda kontrolünün sağlanması gerekmektedir (Jones, 2013; Jones,2015: 184).

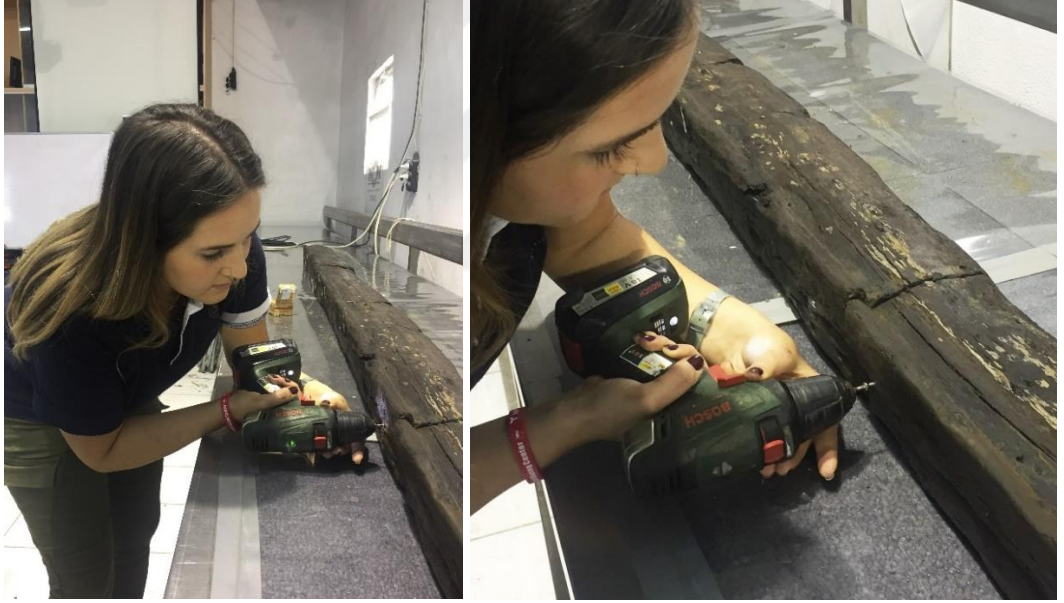
FaroArm®'in sabit durumdayken kolunun erişemeyeceği uzunluktaki parçaların çiziminde cihaz, üzerinde bulunduğu ray boyunca ilerletilmektedir. Cihaz yerinden oynatıldığında bu kalibrasyon tekrarlanmaktadır.

4.1.4. Çizim

Cihazın kalibrasyonu tamamlandıktan sonraki aşama ise ahşap üzerine yerleştirilecek kontrol noktalarının programda işlenmesidir. Bunun için gemi elemanlarına paslanmaz çelik vidalar takılmıştır. İki farklı boyda paslanmaz çelik vida kullanılmıştır. Bunlardan 6 mm çap x 16 mm uzunluktaki vidalar kaplamaların kenarlarına, posta ve döşeklerde alt ve üst yüzeylerine, iç kuşaklarda ise oval şekilde gelen yan yüzeylerine yerleştirilmiştir. 7 mm çap x 20 mm uzunluktaki vidalar ise boyutsal olarak daha büyük ve sağlam olan omurga, iç omurga ve çapa tahtalarında

kullanılmıştır (Şekil 4.11). Vidaların takılamayacağı kadar yumuşak olan doğu çınarı ağacından imal edilmiş döşek ve postalarda başları delinmiş harita çivileri kullanılmıştır. Yüksek oranda bozulmaya uğramış bazı gemi elemanlarının konservasyonu belgeleme öncesinde melamin formaldehit ile tamamlanmıştır. Konservasyon sonrası çizimleri gerçekleştirilen bu parçaların (E1, E03, İSK E16, İSK E33, SNC E18) kalibrasyonu için de yine harita çivisi kullanılmıştır (Şekil 4.12). Bu vidalar ve harita çivileri ahşap üzerinde belirli mesafelerde üçgenler oluşturacak şekilde yerleştirilmiştir. Ahşap ne kadar esnek ise kontrol noktalarını o kadar yakın aralıklarla yerleştirmek gerekmektedir.

Şekil 4.11: OM3 etiketli parça üzerine kontrol noktalarının yerleştirilmesi.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Şekil 4.12: Konservasyonu tamamlanmış İSK E33 etiket numaralı döşek üzerinde yer alan harita çivileri.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Çizime başlanıldığında ilk olarak katmanlardan kontrol noktası seçilerek ahşap üzerindeki noktalar programa işlenmektedir. Bu işlem, gemi elemanını hareket ettirirken veya çizilmemiş yüzeyi çizmek için döndürürken gerekli olacaktır. Kontrol noktaları ayrıca konservasyon süreci boyunca ahşap üzerinde kalacak ve böylece konservasyon sonrasında ahşapta herhangi bir bozulma veya çekme gerçekleşmiş ise tespitini yapmak mümkün olacaktır.

Gemi elemanının diğer yüzünün çizilmesi için döndürüldükten sonra doğru bir yönlendirme elde etmek için *Rhino*'da *calibrate digitizer* simgesi seçilir. Sonrasında parça üzerinde karşı yüzeyleri boyunca geniş aralıklarla yerleştirilmiş üç kontrol noktasına *FaroArm®*'ın probu ile seçilir. Ardından *Rhino*'da bu üç noktaya karşılık gelen noktalar aynı sıra ile seçilir. Elde edilen kalibrasyon sonuçlarının tüm eksenlerde 0,5 mm'den az olması gerekmektedir. Bu değer yüksek çıktığı takdirde bu işlem tekrarlanmaktadır.

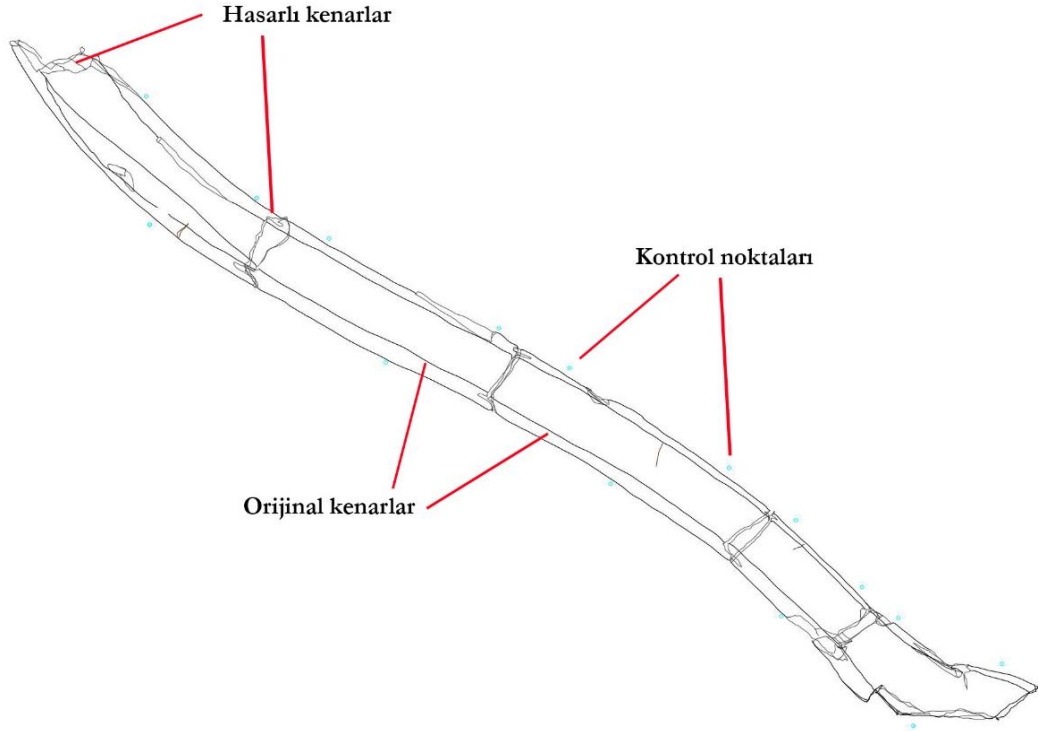
Hatların Çizimi

Kontrol noktalarının konumları belirlendikten sonra gemi elemanının hatlarının ve yüzey özelliklerinin çizimine geçilmektedir. Kayıt işlemine başlarken *Rhino*'da bir araç seçilmesi gereklidir. 2018'de Newport'ta gerçekleştirilen *FaroArm®* ile belgeleme çalışmayı öncesinde Yenikapı Batıkları Projesinde hatların çiziminde

polyline aracı kullanılmaktaydı. Eğitimlerden sonra aynı işlemler için *DigSketch* aracı kullanılmaya başlanmıştır.

Çizim için komut seçilir ve *FaroArm®*'in ucunda bulunan tabanca şeklindeki cihaza yerleştirilen probu manuel olarak takip ettirerek ve prob üzerindeki yeşil tuşu kullanarak, eserlerin kenarları ve özellikleri kaydedilmektedir. Çizilen hat bittiğinde komutu tamamlamak için kırmızı tuş kullanılmaktadır (Şekil 4.13). Farklı tipte prob uçları kullanmak mümkündür fakat prob değiştirilirse kalibre edilmesi gerekmektedir.

Şekil 4.13: E129 etiket numaralı döşeğin hatlarının çizimi.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

FaroArm® ile yakalanan neredeyse tüm dijital veriler, *single point*, *polyline* ve *DigSketch* araçları kullanılarak oluşturulmuştur. Gemi elemanları üzerine yerleştirilen ve kalibrasyon için kullanılan renkli harita çivileri, paslanmaz çelik vidalar ve bağlantı elemanı merkezlerinin konumlarını kaydetmek için *single point* simgesi kullanılmıştır.

Çizim aşaması genellikle soldan sağa (boyuna elemanlarda baş taraftan kış tarafta, eğrilerde ise sancak ucundan iskele ucuna doğru) şeklinde gerçekleştirilmiştir. Prob ucu ahşap yüzeylerine zarar vermemesi için dar bir açıda kullanılmıştır. Prob ucunun ahşap yüzeyde çekilmesi ucun aşınmasına neden olmaktadır. Uç aşındığında cihazın tekrar kalibre edilmesi gerektiğinde milimetrik hatalar gerçekleşmektedir. Bunu engellemek için prob ucundaki değiştirilebilir parça düzenli olarak yenilenmiştir. Prob ucundaki değiştirilebilir parçanın çözümü Newport ekibi tarafından bulunmuş ve *FaroArm®*'a vidalanan ve değiştirilebilir prob ucunu sıkıca tutan bir prob ucu tutucusu tasarlanmıştır (Jones, 2015: 185) (Şekil 4.14).

Şekil 4.14: İz bırakmayan PDA (*Personal Digital Assistant*) kalemi yerleştirilmiş prob ucu.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Gemi elemanlarının bazılarında kazı alanından kaldırıldıktan sonra havuzlardaki depolama sürecinde ahşap yüzeylerinde aşınmalar meydana gelmiştir (Şekil 4.15). Aşınmalar da hasarlı kenar katmanı ile *polyline* komutu kullanılarak kaydedilmiştir.

Şekil 4.15: E76 etiket numaralı döşekte yüzey aşınması.

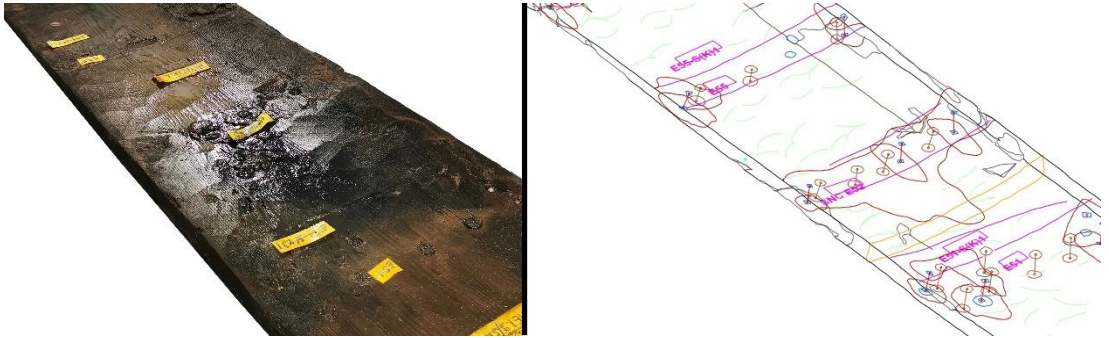


Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Yapım Detaylarının İşlenmesi

Parçanın hat çizimleri sonrasında yapım sırasının anlaşılmasına ışık tutan bağlantı elemanları (metal ve ahşap çiviler) *polyline* komutu ile çizilmektedir. Çizimleri tamamlanan çivilerin *single point* komutu ile merkezlerinin yerleri belirtilmektedir. Tüm elemanlarda yapım tekniklerine dair bilgiler barındıran yüzeyler dikkatlice incelenmekte ve alet izleri kendi katmanında çizime aktarılmaktadır (Şekil 4.16).

Şekil 4.16: SK4-2 etiket numaralı kaplama iç yüzeyinde yer alan balta izleri.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Kaplamaların iç yüzeylerinde geminin iskeletini oluşturan eğrilerin baskı izleri oluşabilmektedir. Ayrıca kaplamaların hem iç hem de dış yüzeylerinde su sızmasına

karşı yüzeyleri sağlamlaştırmak için reçine uygulandığı görülmektedir. Reçine bulunan alanlar kendi katmanında *polyline* ile kaydedilmiştir (Şekil 4.17).

Şekil 4.17: SK3-1 etiket numaralı kaplama üzerinde eğri hattı dışında kalan reçineli kısımların fotoğrafı ve çizimi.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Gemi elemanının ana ağaç gövdesinden elde edildikleri yerlerin anlaşılabilmesi için ağacın damarları da her yüzeyi için detaylı bir şekilde çizime işlenmektedir. Tüm bu özelliklerin kaydedilmesi geminin yapısını tam olarak anlamak için oldukça önemlidir (Damme v.d., 2020: 2).

Kesit Alma

Geminin 3 boyutlu şeklinin kaydedilmesi için enine kesitlere ihtiyaç duyulmaktadır (Institute for Archaeologists, 2008: 16). Kesitler, şekil değişikliğinin yaşandığı yerlerde daha sık olacak şekilde, parçanın tüm uzunluğu boyunca konumlandırılmış ve kaydedilmiştir.

Kesit yerleri belirlenirken ahşabın hasarlı kenarlarından kaçınılmıştır. Ahşabın orijinal kenarına ait doğru bilgileri veren yerler belirlenmiş ve kenarlara dik açılarda yerleştirilmiştir. Kesit alınacak yerleri çizime aktarmak için o hattan geçecek yerlere önceden hazırlanmış 2,5 cm kalınlığında ve ortasından siyah bir hat uzanan şeritler yerleştirilmektedir. Bu şeritler aynı zamanda çizimin yapılacağı bir yüzey görevi görmekte ve prob ucunun ahşap yüzeyinde damara karşı hareket ettirilmesinden kaynaklanacak zararı önlemeye katkıda bulunmaktadır. Alınan bu kesitler ayrıca parçanın 3 boyutlu katı bir modelini oluştururken kullanılmaktadır (Şekil 4.18) (Jones, 2015: 218).

Şekil 4.18: İç Omurga üzerinde kesit alınacak yerlere çekilen şeritler.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Dijital Belgelerin Kontrolü

Her dijital çizim tamamlandığında, gemi elemanı henüz çizim tezgahından kaldırılmadan önce çizim ile parça üzerindeki ayrıntılar, özellikle bağlantı elemanları tekrar gözden geçirilmiştir. Eksiklikler varsa parça çizim tezgahından alınmadan kolayca kalibrasyonu yapılarak eksiklikler tamamlanmaktadır. Tüm kontrollerden sonra dijital çizimler sonraki analizler ve modelleme için arşivlenmiştir. Elde edilen .3dm uzantılı dosyalar eğrilerde 159KB-1,50MB, kaplamalarda 1-7 MB boyutlarındadır.

Gemi elemanlarının üzerlerine takılan paslanmaz çelik vidalar sayesinde konservasyon sonrasında da dijital olarak kontrolleri sağlanabilmektedir.

4.1.5. Arşivleme

Bireysel gemi ahşaplarının dijital çizimleri ve 3 boyutlu katı modelleri *Rhinoceros®* için yerel dosya formatı olan .3dm formatında, katı modellerin 1/10 ölçekli 3 boyutlu yazıcıdan çıktı alınabilir dosyaları ise .stl formatında arşivlenmektedir. Verilerin dijital formatta olmasının avantajları verileri arşivlemede, erişimde ve paylaşmada kolaylık sağlamasıdır (Jones, 2015:229).

Dijital verilerden parçaların boyutları, kalınlıklar, bağlantı elemanları arasındaki mesafeler gibi birçok bilgiye kolayca erişilebilmekte ve yazılımdaki çeşitli ölçüm komutları yardımıyla bu ölçüler kolaylıkla elde edilebilmektedir.

Newport Orta Çağ Gemi projesinden Toby Jones tarafından ahşap gemilerin belgeleme standartlarında tutarlılık sağlamak için ahşap kayıt kılavuzu geliştirilmiştir. Kılavuzun PDF formatına (Jones, 2013) ADS (Archaeology Data Service) arşivinden indirilebilmektedir (Jones, 2015: 168).

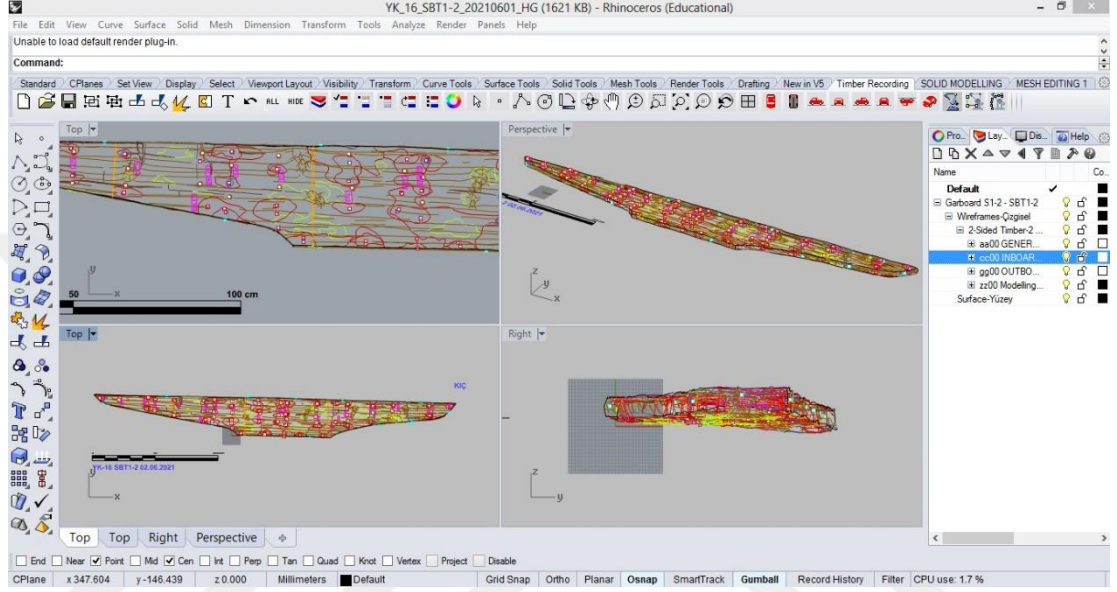
4.2. Yenikapı 16 Batığının 3B Dijital Modelinin Oluşturulması

4.2.1. *Rhinoceros®* 3B Modelleme Yazılımı

Rhinoceros® yazılımı tüm tasarım, çizim, CAM, mühendislik, analiz, işleme, animasyon ve illüstrasyon yazılımları ile uyumluluk göstermektedir (*Rhino 2*, 2022). Yenikapı 16 batığı *FaroArm®* ile elde edilen nokta verilerini yakalamak için *Rhinoceros® 3B* sürüm 5.0 kullanılmıştır. Bireysel gemi ahşaplarının dijital katı

modellerini oluşturmak için yine *Rhinoceros® 3B* sürüm 5.0 kullanılmıştır. Yazılım arayüzü hem 3B çalışma alanı hem de 2B görünümleri sunan çoklu görüntüleme ekranı sunmaktadır (Jones, 2015: 191) (Şekil 4.19).

Şekil 4.19: *Rhinoceros® 3B* yazılımı çoklu görüntüleme ekranı.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Yazılımda *FaroArm®*'ı kullanarak gemilerin kaydını tutan kişilere fayda sağlamayan binlerce komut, araç ve ilgili simge vardır. Newport Orta Çağ Gemi Projesi ekibi, *FaroArm®* ile gemi elemanlarını kaydetmek için en çok kullanılan 44 araç ve komutun olduğu özel bir araç çubuğu oluşturmuştur (Şekil 4.20). Yenikapı Batıkları Projesinde de gemi elemanlarının kaydedilmesinde bu özel araç çubuğu kullanılmaktadır (Jones, 2015: 193).

Şekil 4.20: Newport Orta Çağ Gemi Projesi ekibi tarafından oluşturulan araç çubuğu.



Kaynak: Jones, 2015: 193.

4.2.2. Önceki Çizimlerin Düzenlenmesi

Yenikapı 16 batığına ait bir grup eğrinin *FaroArm®* ile çizimleri 2011-2014 yılları arasında Gökçe Turan tarafından yapılmıştır. Modelleme aşamasına geçildiğinde çizimlerin hepsi üzerinde birtakım düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. Öncelikle tüm çizimlerde eğriler üzerinde bulunan ahşap çivilerin noktalarını açtıktan sonra, *polyline* ile noktalar üzerinden aynı çiviler tekrar kapalı bir çizim olarak çizilmiştir. Bu şekilde çivilerin merkezleri belirlenebilmektedir. Eğrilerin kış yüzeyleri yukarı gelecek şekilde çizimi gerçekleştiren parçaların konumları değiştirilmiş, baş yüzeyleri yukarı gelecek şekilde düzenlenmiştir.

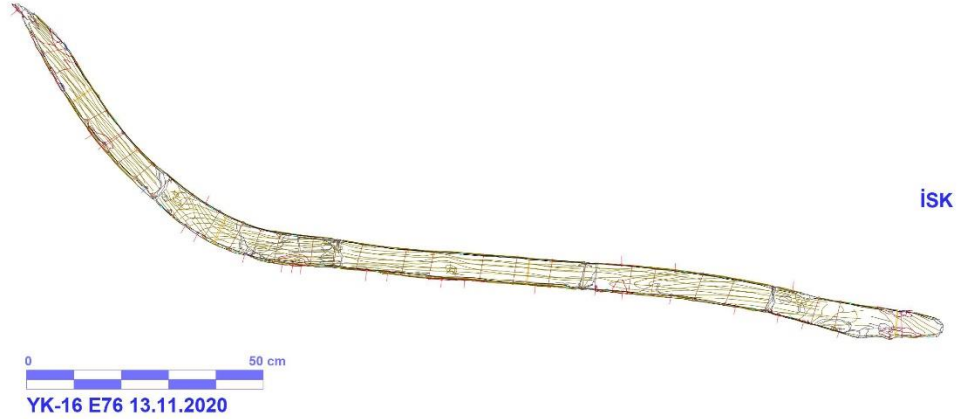
E76 etiket numaralı döşek 5 kırık parça halindedir. Modelleme çalışmaları sırasında 2014 yılında yapılan çizimde 3 numaralı kırık parçanın eksik olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.21). Havuz listesinden kontrol edilerek kırık parçanın yeri tespit edilmiş ve döşegin çizimi tekrar yapılmıştır (Şekil 4.22).

Şekil 4.21: E76 etiket numaranın döşeğin eksik çizimi.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Şekil 4.22: E76 etiket numaralı döşeğin tamamlanmış yeni çizimi.

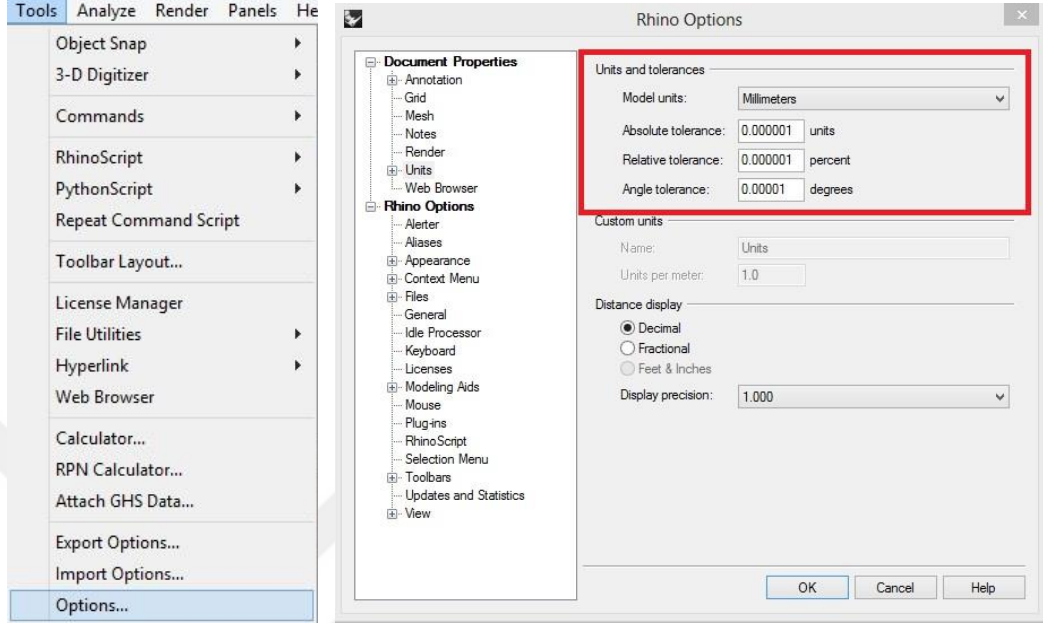


Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

4.2.3. Dijital Ortamda Modelin Oluşturulması

Yapılmış olan çizim üzerinden tekrar çizim yapılarak dosya basitleştirilmektedir. Çizimi sadeleştirmeye geçmeden önce *Rhinoceros®* araç çubuklarından *tools>options* a gelinmekte, sapmayı azaltmak için buradaki değerlerin hepsi 0.000001 olarak girilmiştir (Şekil 4.23).

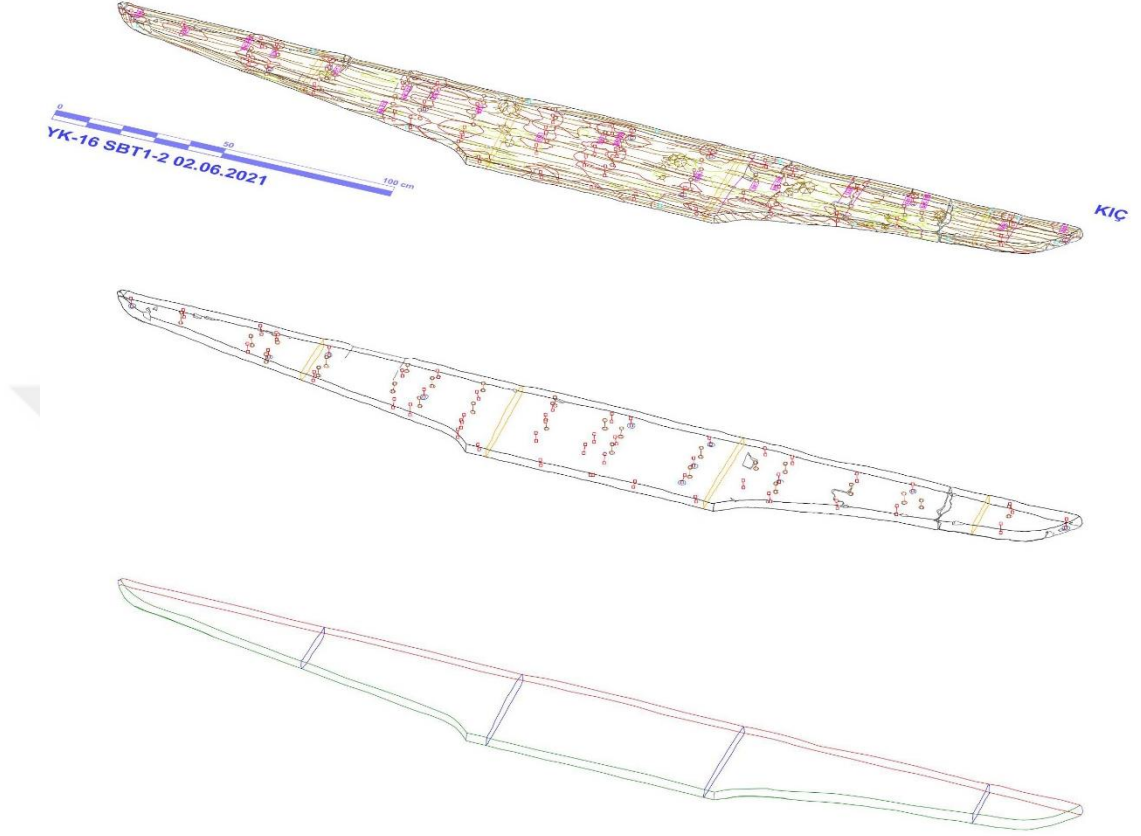
Şekil 4.23: Modelleme için sapma değerlerinin girilmesi.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Sadeleştirme çizimine başlarken, yüzey detaylarını veren katmanlar (damar, çatlak, reçine, korozyon, yazı-sembol) sistemden kapatılmıştır. Modelleme üst katmanı içerisinde yer alan kenarlar 1 ve kenarlar 2 katmanları ile parçanın dış konturlarının çizimi yapılmış, kesitler 1 katmanı ile parçanın uç kısımları, kesitler 2 katmanı ile parça üzerinden aldığımız enine kesitler çizilmiştir (Şekil 4.24).

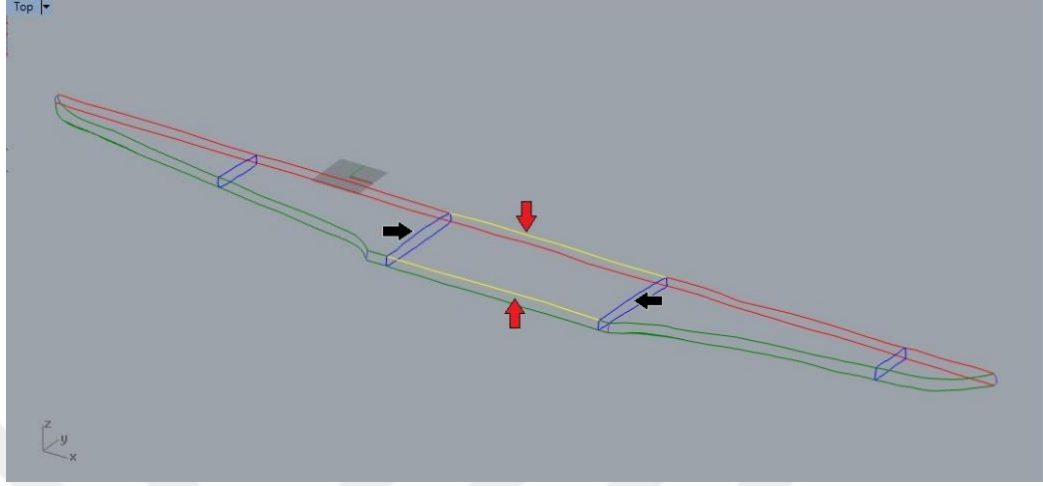
Şekil 4.24: Gemi elemanı çizimi sadeleştirme aşaması.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

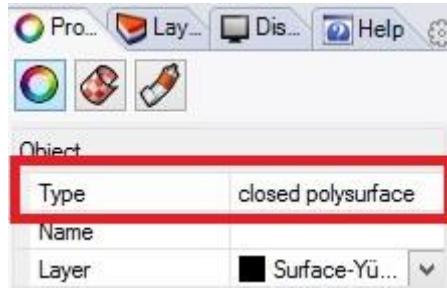
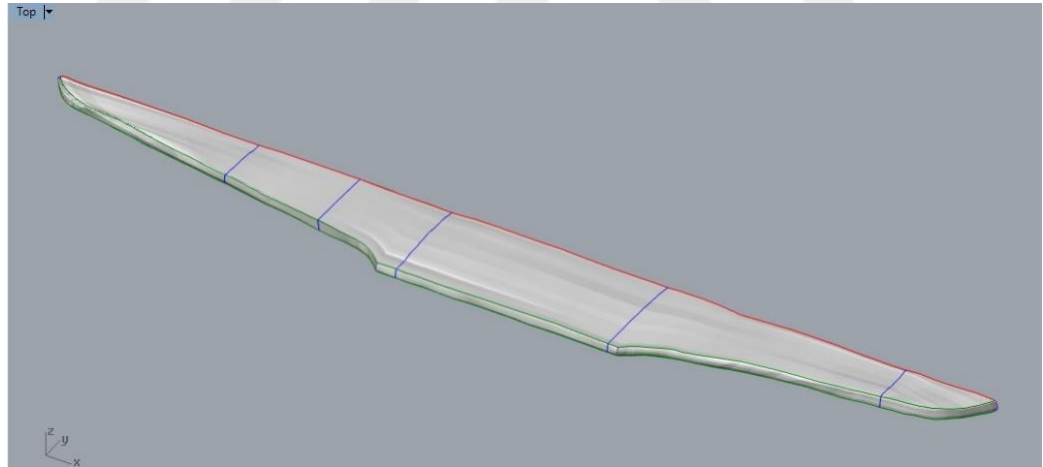
Sadeleştirilmiş çizim üzerinden her yüzeyin ayrı ayrı modeli oluşturulmuş sonra tüm yüzeyler birleştirilmiştir. Şekilde görülen (Şekil 4.25) sarı renkteki iki çizgi seçilmekte ve ardından Newport Orta Çağ Gemi Projesi ekibinin oluşturmuş olduğu *solid modelling* araç çubuğunda yer alan *sweep 2 rails* komutu seçildikten sonra siyah oklar ile gösterilen enine kesit çizgileri seçilmiştir. Bu şekilde oklar içerisindeki yüzeyin katı modeli oluşturulmuştur. Aynı işlem yüzeydeki tüm bölümler için sonrasında da tüm yüzeyler için yapılmıştır. Tüm yüzeylerin modelini oluşturduktan sonra bütün yüzeyler seçilip birleştirilmiştir. Oluşturulan modelin tamamen kapalı olduğunu kontrol etmek için model üzerine tıkladıktan sonra yazılımdaki *properties* kısmından kontrol edilmiştir. *Type* kısmında *closed polysurface* yazdığı zaman tüm yüzeyleri kapalı bir model oluşturulmuş olmaktadır (Şekil 4.26).

Şekil 4.25: Modelleme aşaması.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

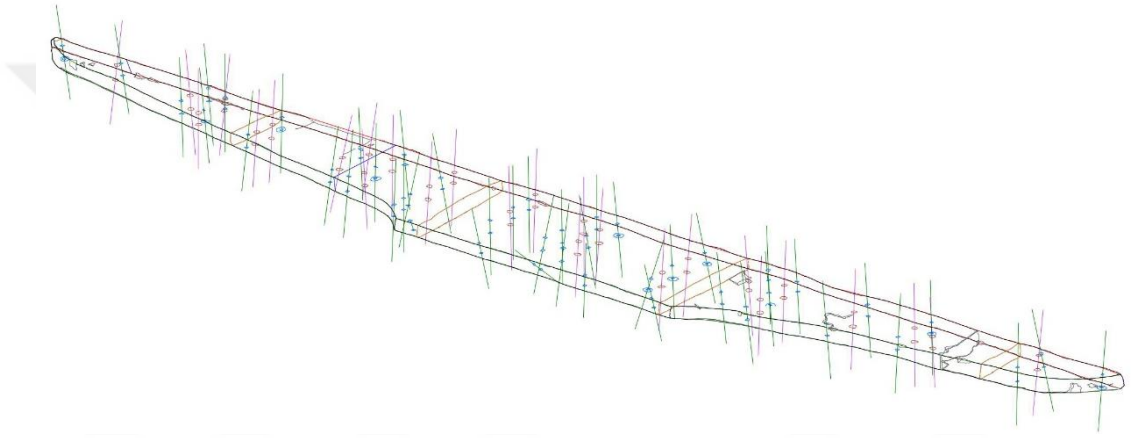
Şekil 4.26: SBT1-2 etiket numaralı burma kaplamanın katı modelinin oluşturulması ve kontrolü.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Oluşturulan katı modelde gemi elemanı üzerinde yer alan tüm bağlantı elemanlarının delikleri açılmıştır. Bunun için öncelikle bağlantı elemanları merkezlerinden modelleme katmanı altındaki metal çivi ve ahşap çivi katmanları kullanılarak *polyline* ile çizgiler çizilmiştir. Sonrasında *solid modelling* araç çubuğunda *extend curve* komutu seçilerek bağlantı elemanlarının açılarını gösteren hatlar parçanın her iki tarafı boyunca istenilen ölçüde uzatılmıştır (Şekil 4.27).

Şekil 4.27: Çizimde çivi açılarını gösteren hatların uzatılması.

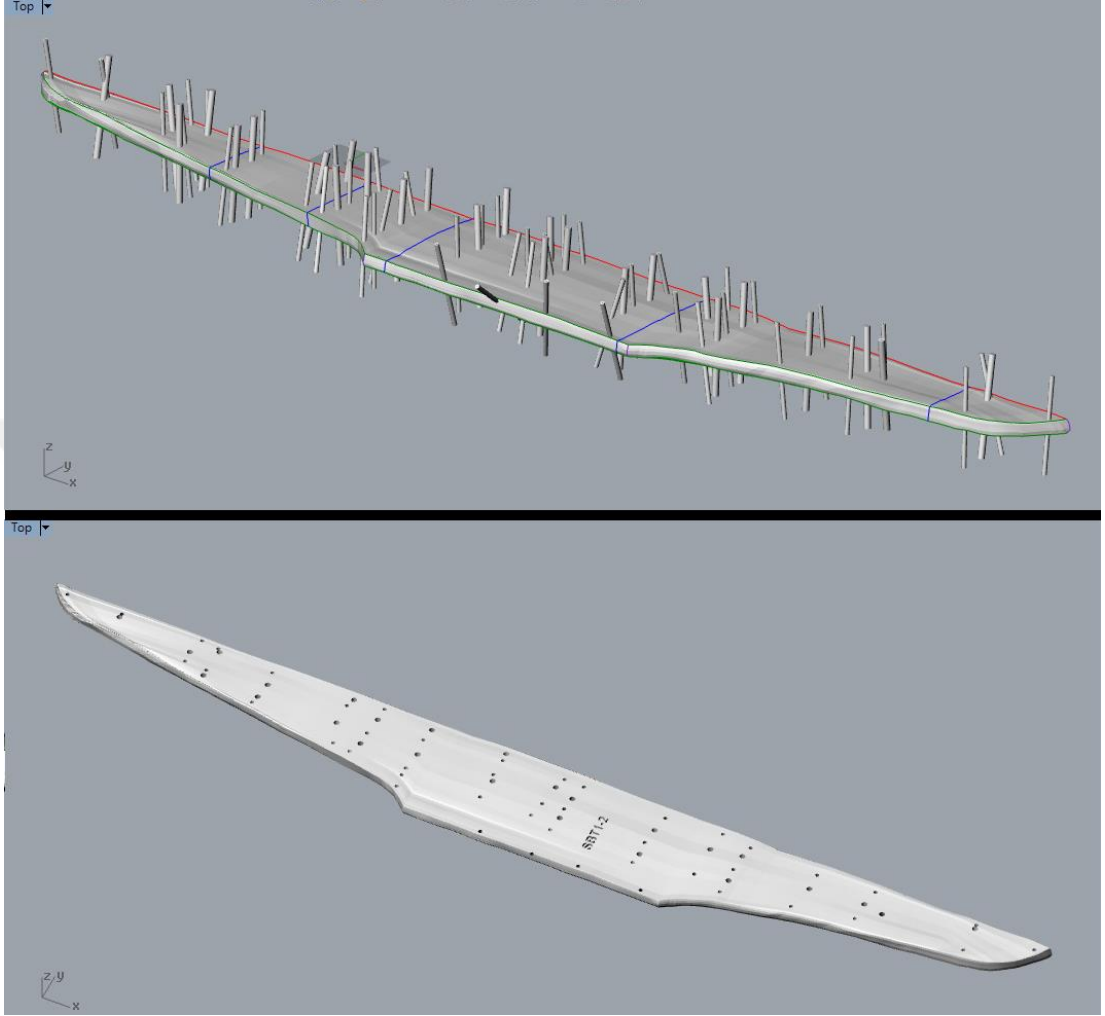


Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Uzatılan çivi hatları model içerisinden boşaltılacak kalınlığının verilmesi için *solid modelling* araç çubuğundan *pipe*, *flat caps* komutu seçilmiş ve oluşturulacak boruların çapları için bir değer verilmiştir. Tüm çiviler için oluşturulan borular *solid modelling* araç çubuğundaki *boolean difference* komutu ile model içerisinden boşaltılmıştır. Son olarak gemi elemanının ismini de parça üzerinde belli edecek şekilde boşaltılarak model tamamlanmıştır (Şekil 4.28).

Modellenen parçaların 3B yazıcıdan çıktısı alınmak isteniyorsa model *mesh* yapılması gerekmektedir. *Mesh* yapmak için oluşturulan model seçilerek yazılımdaki üst tarafta bulunan araç çubuğundan *mesh > from NURBS object* seçilmektedir. Sonrasında istenilen ölçekte ölçeklendirip 3 boyutlu yazıcıdan çıktı alınabilmektedir. Ayrıca tamamlanan modelin hacmi yazılımda hesaplanabilmektedir.

Şekil 4.28: Çivi açıları görünen model (üst) ve tamamlanan model (alt).

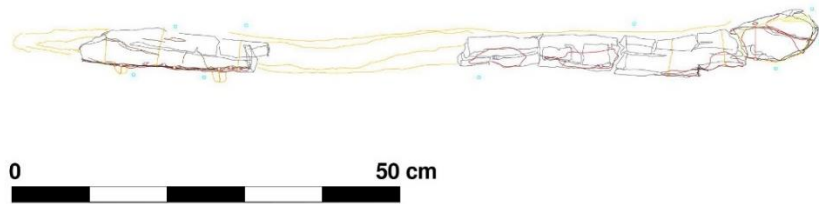
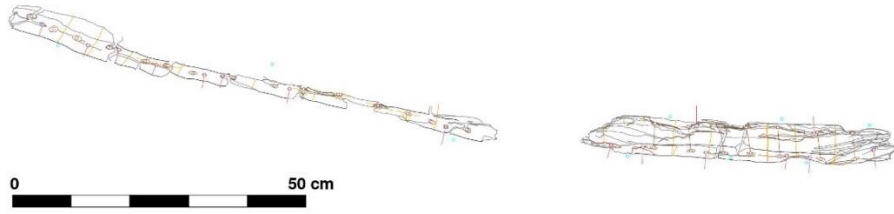


Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

YK16'nın 208 adet ahşap elemanı modellenmiştir. Bununla birlikte çınar ağacından şekillendirilmiş 9 adet eğrisinin (E1, E2, E5, E11, SNC E15, E17, SNC E18, İSK E19, E20) modeli yapılamamıştır. Her biri yüksek su içeriğine sahip, yoğun bozulmaya uğramış eğrilerden E11'in sancak tarafı ile İSK E19'un tamamı epoksi kalıba alınarak araziden kaldırılmıştır. Epoksi kalıp içerisinden çıkarılamayacak durumda olan kısımların çizimleri kalıp içerisinde 2 boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.29). 2011-2014 yılları arasında gerçekleştirilen belgeleme çalışmalarında

izimleri yapılan E2, E5, SNC E15, E17 ve E20'nin ahşapları ise gövde formunu verebilecek fiziksel duruma ve bütünlüğe sahip değildir (Şekil 4.30).

Şekil 4.29: Epoksi kalıp içerisinde çizimleri yapılan E11 (üst) ve İSK E19 (alt).



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

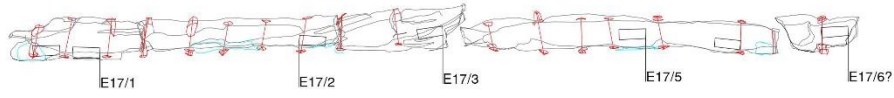
Şekil 4.30: Modelleri yapılamayan eğriler.



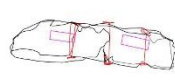
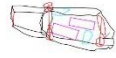
E2



E5



SNC E15



E17



E20



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

2011-2014 yıllarında gerçekleştirilen belgeleme çalışmaları sırasında ileri derecede bozulmuşluk oranına sahip doğu çınarından imal edilmiş eğrilerin çalışmalarına ara verilmiş ve bu parçalar hızlı bir şekilde konservasyona alınmıştır. Bu parçaların 3 boyutlu belgeleme çalışmaları konservasyon sonrasında tamamlanmıştır. Yoğun hasara uğramış yüzeyleri nedeni ile bu parçaların da modelleri yapılamamıştır (Şekil 4.31).

Şekil 4.31: Konservasyon sonrası çizimi gerçekleştirilen eğriler.

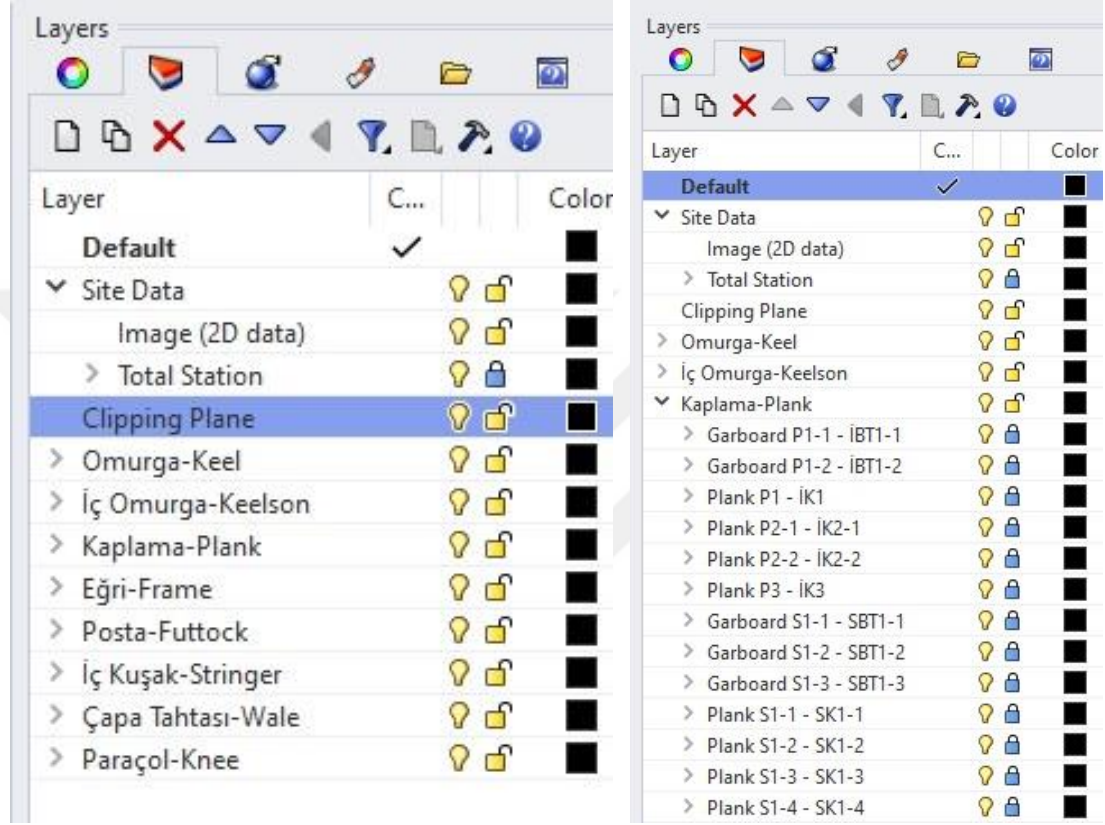


Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Yenikapı 16 batığının *in situ* durumdaki 3 boyutlu modelini oluşturmak için öncelikle batığın *in situ* durumunda alınan *Total Station*® ölçümlerine göre yapılan üç boyutlu *AutoCAD*® çizimi *Rhinoceros*® programına aktarılmıştır. Ardından batığın *in situ* durumundaki fotomozaik görüntüsü de aynı dosya içerisine aktararak her iki dosyaya katman ismi verilmiştir. *Total Station*® verileri üzerine yerleştirilecek 1:1 ölçekteki 3 boyutlu gemi elemanlarının modelleri için işlevlerine göre farklı üst katmanlar oluşturulmuştur. Bu katman sistemine göre tüm eğriler bir katman altında,

tüm kaplamalar bir katman altında toplanmıştır. Aynı şekilde diğer tüm elemanlarda kendi katmanları altında düzenlenmiştir (Şekil 4.32).

Şekil 4.32: *In situ* modelin *Rhinoceros®* programındaki katmanları.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Rhinoceros® programında oluşturulan geminin *in situ* modelinde ilk önce omurga ve kaplamalar *Total Station®* verisi üzerine yerleştirilmiştir. Bireysel gemi elemanının 3 boyutlu modelini *Total Station®* verisi ile hizalarken *Rhinoceros®* programındaki *gumball* aracı sayfanın alt tarafından seçilerek etkinleştirilmelidir. Bu, modelin *in situ* konumuna yerleştirilmesi sırasında x, y ve z koordinatlarında taşınmasını, ölçeklendirilmesini ve döndürülmesini sağlamaktadır (Şekil 4.33).

Şekil 4.33: Gumball aracı özellikleri.

Gumball Kontrolleri

- ① Eksen Düzlemi Göstergesi
- ② Serbest Hareket
- ③ Menü

Okların Hareket Yönleri

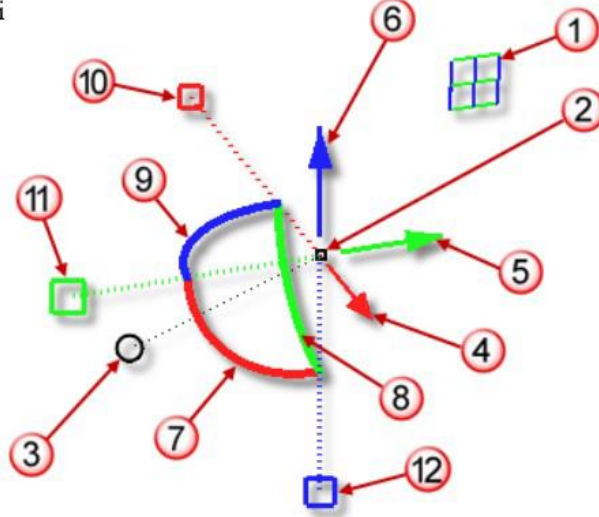
- ④ X Yöntünde Hareket
- ⑤ Y Yöntünde Hareket
- ⑥ Z Yöntünde Hareket

Dönme Yönleri

- ⑦ X Yöntünde Dönme
- ⑧ Y Yöntünde Dönme
- ⑨ Z Yöntünde Dönme

Ölçeklendirme

- ⑩ X Yöntünden Ölçeklendirme
- ⑪ Y Yöntünden Ölçeklendirme
- ⑫ Z Yöntünden Ölçeklendirme

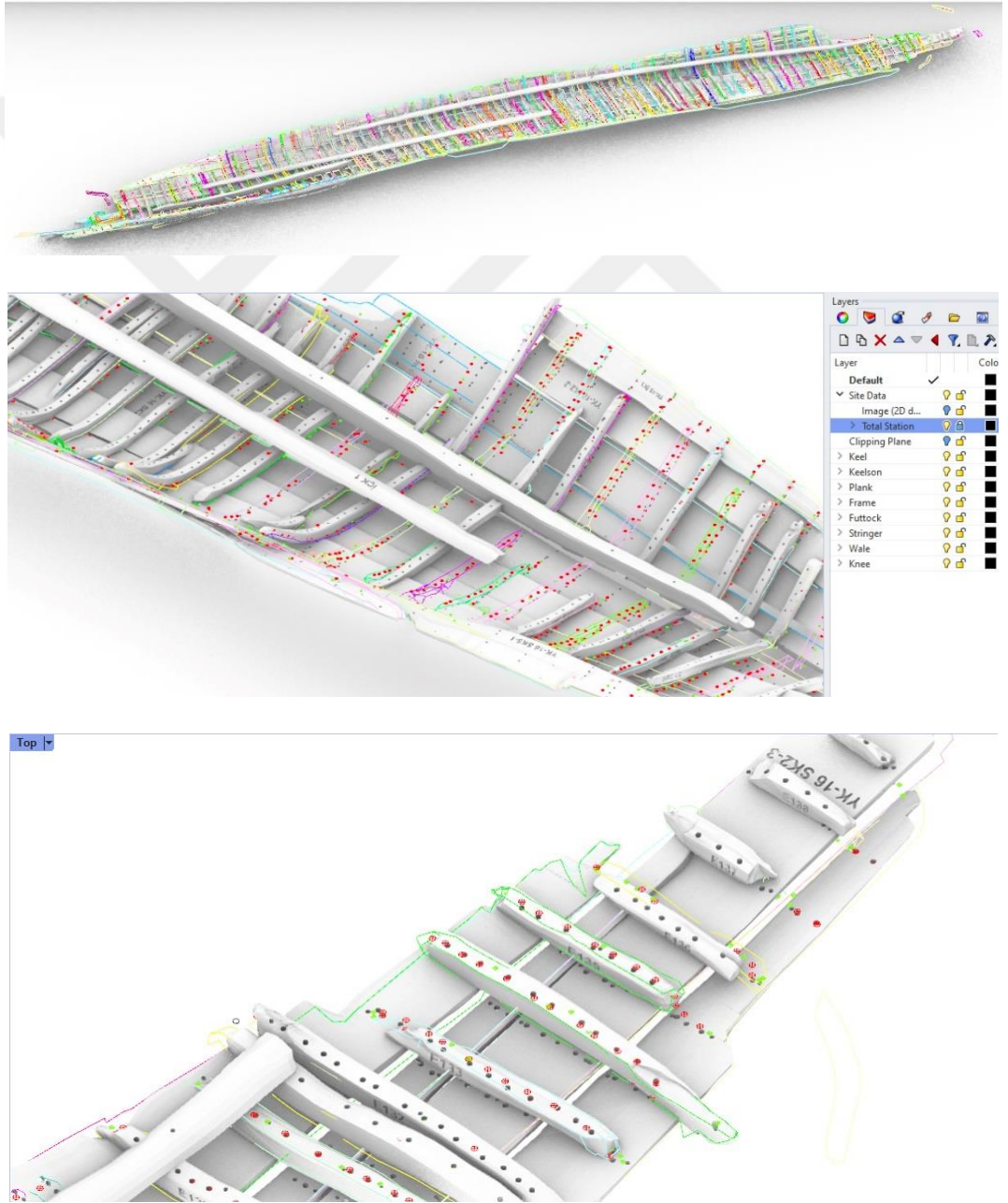


Kaynak: <https://docs.mcneel.com/rhino/7/help/en-us/commands/gumball.htm>.

Batığın gövdesini oluşturan kaplamaların eğimlerinin korunması amacıyla L formu taşıyıcılar ile araziden kaldırılmış fakat bu eğimli kaplamalar belgeleme aşamasına gelene kadar formunu koruyamamıştır. *In situ* vaziyette gövde formunu veren eğimli kaplamalar laboratuvar da düz konumda çizimleri gerçekleştirilmiş, bu çizim üzerinden modelleri yapılmıştır. Kaplamaların 3 boyutlu modelleri *Total Station®* ‘dan elde edilen veri üzerinde hizalanırken zamanla kaybettiği eğimin verilmesinde *transform > bend* ve *transform > twist* araçları kullanılmıştır. Eğrilerin hizalanması sırasında da benzer durum ile karşılaşmıştır. Bazı eğrilerin *in situ* vaziyette daha dar olan kol açıları depolama sırasında açılmış, bu parçalar hizalanırken yine *transform > bend* aracından yararlanılmıştır. Çizimleri ve modelleri düz gerçekleştirilen İÇK2 ve SÇT1-1 numaralı parçalar yine *bend* aracı ile geminin baş ve kık tarafında olması gereken yerlerine hizalanmıştır.

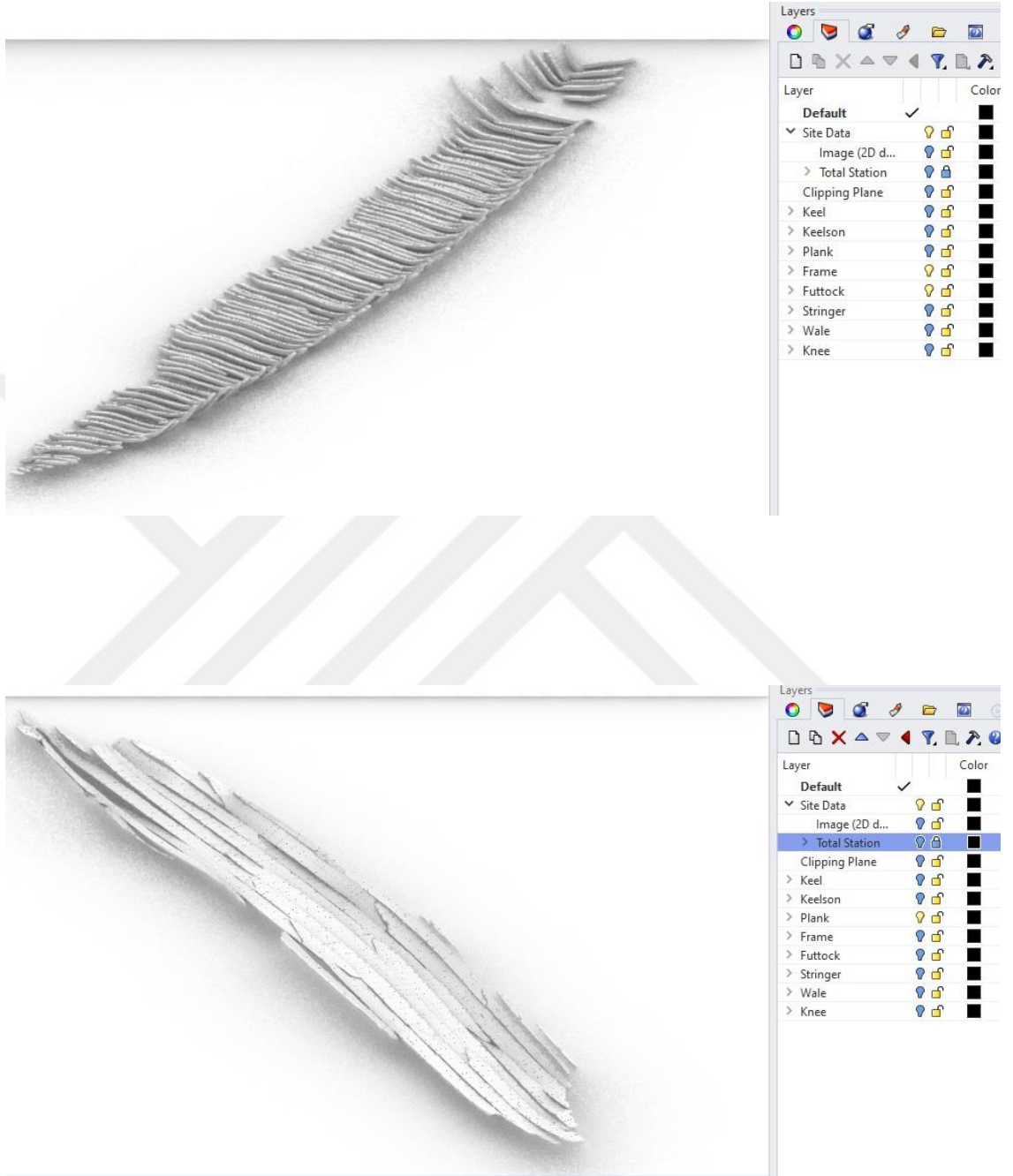
FaroArm® cihazı ile gerçekleştirilen 1:1 ölçekli çizimlerden elde edilen 3 boyutlu modellerin *Total Station®* verisi üzerine yerleştirilerek Yenikapı 16 batığının *in situ* durumdaki 3 boyutlu modeli elde edilmiştir. Oluşturulan modelde katmanlar kullanılarak geminin farklı yapı elemanları ayrı ayrı olarak da gösterilebilmektedir (Şekil 4.34- 4.35- 4.36- 4.37).

Şekil 4.34: *Total Station®* verisi ve gemi modeli.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Şekil 4.35: *In situ* modelde farklı katmanların gösterimi.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Şekil 4.36: Yenikapı 16 batığının *in situ* 3 boyutlu modeli.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

Şekil 4.37: Yenikapı 16 batığının *in situ* 3 boyutlu modeli.



Kaynak: İÜ Yenikapı Batıkları Projesi Arşivi.

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Gemi ve tekne arkeolojisinde batıklara ait bireysel gemi elemanlarının kazı sonrası belgeleme çalışmalarındaki ilk uygulamalar geleneksel 1:1 ölçeğinde uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Danimarka'daki Roskilde fiyordunda 1957-1962 yılları arasında gerçekleştirilen kazılarda bulunan Skuldelev gemilerine ait gemi elemanlarının belgelenmesi şeffaf polyester folyolar üzerine mum kalemler kullanılarak 1:1 ölçeğinde yapılmıştır. 1997 yılına gelindiğinde Roskilde gemilerinin belgelenmesinde teknik hala aynıydı fakat mum boya kalemlerinin yerine asetat kalemleri kullanılmaya başlanmıştır.

Gemi elemanlarının elektronik ortamda üç boyutlu belgelenmesi için yeni tekniklere ihtiyaç duyulmuş ve 1998 yılında Jorgen Holm ve Fred Hocker tarafından gelişmiş cihazlar ile denemeler gerçekleştirilmiştir. Denemeler sonrasında yöntemlerin avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiş, 2000 yılında *FaroArm® Sterling* modeli satın alınarak *Rhinoceros®* yazılımı ile entegre bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayar destekli modellemeler için ideal olan NURBS (*Non Uniform Rational Basis Spline*) geometrisini kullandığı için *Rhinoceros®* yazılımı tercih edilmiştir.

Farklı özellik türlerini temsil eden farklı katmanların yazılım içerisinde kaydedilmesi ile 3 boyutlu tarama cihazlarından farklı olarak bu katmanlama sistemi kullanılarak çizim sırasında bilgiler sınıflandırılabilir. Digitizer ile yakalanan veriler bu programda görüntülenmekte ve düzenlenmektedir. 2000 yılından beri Kolding Cog, Roskilde gemileri, Newport gemisi, Drogheda teknesi, Arles-Rhone ve Yenikapı batıklarının da birçoğu dahil olmak üzere bu gemilerin ahşaplarının birebir belgelenmesinde *FaroArm®* digitizer cihazları en iyi bilinen ve en yaygın kullanılan araç haline gelmiştir.

2004 yılında başlatılan kurtarma kazılarında gün yüzüne çıkarılan Yenikapı Batıkları projesinde de kazı sonrası belgeleme çalışmalarında geleneksel 1:1 izleme yönteminden *FaroArm®* digitizer yöntemine geçiş yapılmıştır. Kapsamlı ve doğru bir rekonstrüksiyon oluşturmak için görünüşte önemsiz olduğu düşünülen özelliklerin doğru bir şekilde belgelenmesinde *FaroArm®* büyük bir öneme sahiptir. Arazide algılanması ve çözümlenmesi zor olan bu özelliklerin detaylı bir temizlik sonrasında

laboratuvar ortamında ayrıntılı belgelemeleri oldukça önemlidir. Bu işlemler için *FaroArm®* digitizer cihazının kullanımının en önemli sebepleri yöntemin daha hızlı ve hata payının çok daha az olmasıdır. Bu yöntem ile çizimleri yapılan gemi elemanlarının konservasyon sonrasında ve sergileme aşamasında boyutsal değişimleri test edilebilir ve orijinal gövde formunu açıklayan bilgisayar tabanlı ve fiziksel modellerin geliştirilmesine yardımcı olur.

Bireysel gemi ahşaplarının 3 boyutlu belgeleme çalışmalarında temaslı digitizer cihazları dışında farklı tiplerde 3 boyutlu tarama cihazları da kullanılmaktadır. Bu cihazlar digitizer cihazlarına göre taşınabilirlikleri daha yüksektir, düşük maliyetlere sahip ve daha hızlı edinmek mümkündür. Digitizer cihazları ile 3 boyutlu görüntüler yakalamak, 3 boyutlu tarama cihazlarına göre daha yavaş ve daha emek isteyen bir süreçtir. Ayrıca bu temaslı digitizer cihazları belgeleme sırasında bozulma durumu yüksel olan gemi elemanlarına hasar verebilmektedir. Bu dezavantajlarının yanında *FaroArm®* ile elde edilen dosyaların boyutu, tarama cihazlarından elde edilen dosyalara oranla daha küçüktür.

Bu çalışma kapsamında Yenikapı 16 batığının tüm ahşap elemanları üzerindeki alet izleri, ahşap ve metal bağlantı elemanları, orijinal geçmeler, tahrip olmuş kısımlar gibi gemi yapım tekniklerinin belirlenmesine katkıda bulunacak özellikler farklı katmanlarda kaydedilerek *Rhinoceros®* programına aktarılmıştır. Yapım detaylarına ait özelliklerin doğru ve eksiksiz bir şekilde aktarılması için yüzeylerde bulunan kil, toprak ve kalafat tabakaları basit dişçi aletleri ile mekanik olarak temizlenmiştir. Belgeleme çalışmalarının ardından gerçekleştirilecek konservasyon uygulamalarında ahşaplara emdirilecek PEG (Polietilen glikol) ile metal çiviler etrafında biriken demir korozyon ürünlerinin etkileşime girerek ahşaplara zarar vermesini önlemek amacıyla demir korozyon ürünleri de ayrıca bu aşamada mekanik olarak uzaklaştırılmaktadır.

Belgeleme aşamasına geçildiğinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, eserlerin belli aralıklarla ıslatılarak bünyesindeki suyun korunmasını sağlamaktır. Suyu doymuş ahşap olarak nitelendirilen gemi elemanları bünyelerindeki suyu kaybettiklerinde geri dönüşü olmayan fiziksel hasara uğramaktadır. YK 16'ya ait doğu çınarı ağacından imal edilmiş, yüksek bozulma oranına sahip eğrilerin çizimi sırasında

zorluklarla karşılaşılmıştır. Kalibrasyon için kullanılan paslanmaz çelik vidaların bu parçalarda kullanımı mümkün olmamış, kalibrasyon için harita çivileri kullanılmıştır. Esnek bir ağaç olan karaçamdan imal edilmiş kaplamaların çizimi için kaplama kenarlarına uzun aralıklarla vida yerleştirildiğinde, parçanın dış yüzeyinin çizimi için döndürüldüğü zaman parça esnemekte ve kalibrasyonun kabul değerinde yakalanması oldukça zor olmuştur. Bu sebeple kaplamalarda sık aralıklarla kalibrasyon vidası yerleştirilmeye dikkat edilmiştir.

Yenikapı 16 batığına ait toplamda 175 eğri (döşek + posta), 4 omurga parçası, iç omurga, 31 adet kaplama, 3 çapa tahtası, 2 iç kuşak, paraçol ve 11 adet yeri belli olmayan parçanın FaroArm ile 3 boyutlu çizimleri gerçekleştirilmiş, toplamda 208 adet gemi elemanı modellenmiştir. Çizimleri tamamlanan bireysel gemi elemanlarının *Rhinoceros®* programında 3 boyutlu katı modelleri oluşturulmuştur. Elde edilen bu katı modeller batığın *in situ* durumunda *Total Station®* ölçümlerine göre yapılan 3 boyutlu *AutoCAD®* çizimi üzerine yerleştirilerek YK16 batığının 22,5 m uzunluğunda 2,40 enine sahip *in situ* durumdaki 3 boyutlu modeli elde edilmiştir.

Gemi ve tekne arkeolojisinde digitizer ve 3 boyutlu dijital katı modellemenin gelişimi ile farklı gemilerin kaydı ile dijital veri seti oluşturulmuştur. Dijital olarak belgelenen ve modellenen gemi sayısının artması ile gelişen karşılaştırmalı analizler de artmaktadır.

FaroArm® digitizer kullanımı ile bireysel gemi elemanlarının başarılı bir şekilde kaydını tutarak çeşitli dijital ve fiziksel araştırma çıktıları almak mümkün olmaktadır. Kapsamlı ve ayrıntılı dijital verilerin oluşturulması ile elde edilen dijital katı model kullanılarak orijinal tekne formunun ölçekli fiziksel araştırma modeli yapılabilmektedir. Bu çalışmada önerilen YK16 batığının dijital *in situ* modeli, batığın dijital ve fiziksel 3 boyutlu rekonstrüksiyonlarının oluşturulması ve konservasyon çalışmalarında orijinal ahşapların yeniden şekillendirilmesinde kılavuz olarak kullanılacaktır.

KAYNAKÇA

- AGUILAR, M.A., F.J. “Mapping small areas using a low-cost close range photogrammetric software package with aerial photography”, **The Photogrammetric Record**, 20 (112), 335-350.
- AGUILAR, F. AGUERA, 2015
- AKKEMİK, Ü., 2015 “Gemilerin Ahşapları”, **Yenikapı Batıkları Cilt 2: Yenikapı Batıklarının Ahşapları**, Ege Yayınları, İstanbul: 19-142.
- BARAN ÇELİK G., E. SON, 2019 “İstanbul Kazı Buluntuları ve Bizans’ta Günlük Yaşam.”, **Toplumsal Tarih Dergisi**, 308: 38-45.
- BAŞARAN, S., 2012 “Demirden Yollar” ve Marmara Kıyısında Eski bir Liman”, Ed. U. Kocabaş, **Yenikapı Batıkları Cilt 1: Yenikapı’nın Eski Gemileri Gemileri**, Ege Yayınları, İstanbul: 1-22.
- BISCHOFF, V., 2010 “Hull Form of the Oseberg Ship”, **Maritime Archaeology Newsletter from Roskilde Denmark**, 25: 4-9, Roskilde.
- BISCHOFF, V., 2012 “Reconstruction of the Oseberg Ship: Evaluation of the Hull Form” Ed. N. Gunsenin, **Between Continents. Proceedings of the Twelfth International Symposium on Boat and Ship Archaeology**, Ege Yayınları, İstanbul: 337-342.
- BISCHOFF, V., 2020 “Rekonstruktion af Osebergskibet: Form, Konstruktion og Funktion”, Doktora tezi, Det Kongelige Danske Kunstakademis Skoler for Arkitektur, Design og Konservering – Institut for Byggekunst og Kultur
- BOWENS, A., 2009 **Second Edition: Underwater Archaeology: The NAS Guide to Principles and Practice**, UK.

- COSTA E., C. BALLETTI, C. BELTRAME, F. GUERRA, P. VERNIER, 2016 “Digital Survey Techniques for the Documentation of Wooden Shipwrecks”, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B5, 2016, 237-242.
- CRISMAN, K.J., 1993 “An Archaeological Approach, Recording Boats From Their Remains and Learning From Their Parts”, Eds. P. Lipke, P. Spectre, B.A.G. Fuller, **Boats**, 304-320, Nashville, Tennessee.
- CRUMLIN-PEDERSEN, O., 2003 “Ten Golden Years for Maritime Archaeology in Denmark, 1993-2003”, **Maritime Archaeology Newsletter from Roskilde Denmark**, 20: 4-43.
- ÇETİNER, A., 2013 Yenikapı 3: A Merchantman Carrying the Past, bk: Z. Kızıltan (ed.), **Stories from the Hidden Harbor: The Shipwrecks of Yenikapı**, 56-63, İstanbul.
- DAMME, T.V., J. AUER, M. DİTTA, M. GRABOWSKI, M. COUWENBERG, 2020 “The 3D Annotated Scans Method: A New Approach to Ship Timber Recording”, **Heritage Science**.
- ERIKSSON, N., J. RÖNNBY, 2017 “Mars (1564): The Initial Archaeological Investigations of a Great 16th-century Swedish Warship.”, **International Journal of Nautical Archaeology**, 46 (1):92-107.
- GÖKÇAY, M., 2007 “Yenikapı Kazılarında Ortaya Çıkarılan Mimari Buluntular”, Z. Kızıltan (ed), **Gün Işığında İstanbul’un 8000 Yılı: Marmaray, Metro, Sultanahmet Kazıları**, Vehbi Koç Vakfı Yayını, İstanbul: 166-179.
- GREEN, J., 2004 **Maritime archaeology: a technical handbook**, Elsevier, London: 194-202.
- GREEN, J., S. MATTHEWS, T. TURANLI, 2012 “Underwater Archaeological Surveying Using PhotoModeler Virtual Mapper: Different Applications for Different Problems”,

International Journal of Nautical Archaeology,
31/2, 283-292.

GÜLER, T., 2019

“Yenikapı 20 Batığının Konstrüksiyon Özellikleri ve Yapım Tekniği Önerisi”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

HOCKER, F.M., 2000

“New Tools for Maritime Archaeology”, **Maritime Archaeology Newsletter from Roskilde Denmark**, 14: 27-30, Roskilde.

HOCKER, F.M., 2001

“Project Involving Technical and Natural Scientific Investigations at the Centre for Maritime Archaeology in Roskilde”, **Maritime Archaeology Newsletter from Roskilde Denmark**, 17: 16-22, Roskilde.

HOCKER, F.M., 2002

“The Kolding Cog returns to Kolding”, **Maritime Archaeology Newsletter from Roskilde Denmark**, 18: 50, Roskilde.

HOLM, J., 1998

“New recording methods for ship-finds.”, **Maritime Archaeology Newsletter from Roskilde Denmark**, 10: 30-31, Roskilde.

INSTITUTE FOR
ARCHAEOLOGISTS, 2008

“Standards and Guidance: Nautical Archaeological Recording and Reconstruction.”, London: Institute for Archaeologists

JONES, T., 2009

“The Newport Medieval Ship: Her Three-Dimensional Digital Recording and Analysis”, *Skyllis Journal: Zeitschrift Für Unterwasserarchäologie*, vol. 9, no.1, 36-41.

JONES, T., 2013

“The Newport Medieval Ship Timber Recording Manual: Digital Recording of Ship Timbers using a FaroArm 3D Contact Digitiser, FaroArm Laser Line Probe and Rhinoceros3D Software, with Additional Sections on Digital Modelling and

- Metrical Data Capture.”,Newport: Newport Medieval Ship Project.
- JONES, T., 2015 “Three-Dimensional Digital Recording and Modelling Methodologies for Documentation and Reconstruction of the Newport Medieval Ship”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, University of Wales Trinity Saint David.
- KILIÇ, N., 2013 “Yenikapı 12 Batığında Kullanılacak Konservasyon Yönteminin Araştırılması ve Koruma Uygulaması”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- KILIÇ, N., 2016 Conservation of A Group of Frames from YK16 Shipwreck, **Art-Sanat**, 6, 85-97.
- KILIÇ, N., 2017 “Yenikapı Batıklarının Korunmasında Polietilen Glikol Ön Emdirmesi-Vakumlu Dondurarak Kurutma Yönteminin Değerlendirilmesi”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- KIZILTAN, Z., 2014a “Marmaray-Metro Projesi Kurtarma Kazıları: Yenikapı-Sirkeci ve Üsküdar İstasyonları Arkeoloji Çalışmaları ve İstanbul’un Sekiz Bin Yılı”, **Hayalden Gerçeğe Bir İstanbul Öyküsü Marmaray**, Ankara: 54-79.
- KIZILTAN, Z., 2014b “Marmaray-Metro Projeleri ve Yenikapı Arkeolojik Kurtarma Kazıları”, **Colloquium Anatolicum**, 13: 11-43.
- KOCABAŞ, U., 1998 **Arkeolojik Sualtı Kalıntılarının Konservasyonu**, İstanbul.
- KOCABAŞ, U., 2012a “Theodosius Limanı’nda Hayat, Batıklar ve Hızlı Bir Gömülme”, Ed. U. Kocabaş, **Yenikapı Batıkları Cilt 1: Yenikapı’nın Eski Gemileri**, Ege Yayınları, İstanbul: 23-36.

- KOCABAŞ, U., 2012b “Byzantine Shipwrecks at Yenikapı” Ed. N. Gunsenin, **Between Continents. Proceedings of the Twelfth International Symposium on Boat and Ship Archaeology**, Ege Yayınları, İstanbul: 107-113.
- KOCABAŞ, U., 2012c “The Latest Link in the Long Tradition of Maritime Archaeology in Turkey: The Yenikapı Shipwrecks”, **European Journal of Archaeology** 15.1, 1–15.
- KOCABAŞ, U., 2014 “Yenikapı Batıkları Kazısı ve Araştırmaları”, **TINA Denizcilik Arkeolojisi Dergisi**, 1, 26-41.
- KOCABAŞ, U., 2015a “Geçmişe Açılan Kapı: Yenikapı Batıkları, Ege Yayınları, İstanbul.
- KOCABAŞ, U., 2015b “The Yenikapı Byzantine-Era Shipwrecks, İstanbul, Turkey: a preliminary report and inventory of the 27 wrecks studied by İstanbul University”, **International Journal of Nautical Archaeology**, 44/1, 5-38.
- KOCABAŞ, U.,
E. TÜRKMENÖĞLU, 2009 “Yenikapı Shipwrecks: Fieldwork, Conservation-Restoration Procedures and Construction Features”, bkz. X. Nieto (ed.), **Argueologia Nautica Mediterranea**, 235-243, Girona.
- KOCABAŞ, U., I. ÖZSAİT-
KOCABAŞ, 2013 A New Milestone in Ship Archaeology: The Yenikapı Shipwrecks Project, in Z. Kızıltan (ed.), **Stories from the Hidden Harbor: The Shipwrecks of Yenikapı**, 35–46, İstanbul.
- KOCABAŞ, U., I. ÖZSAİT-
KOCABAŞ, 2021 Hull Characteristics of the Yenikapı 16 Galley, **Archaeonautica** 21, 79-82.
- KOCABAŞ, U., R. YILMAZ, 2012 “Gemi Elemanlarının Demonte Edilmesi”, Ed. U. Kocabaş, **Yenikapı Batıkları Cilt 1:**

- Yenikapı'nın Eski Gemileri**, Ege Yayınları, İstanbul: 73-95.
- KOCABAŞ, U., KILIÇ, N., ASAL, R., 2020 “Geçmiş Yaşatmak: Yenikapı Batıkları”, **TINA Denizcilik Arkeolojisi Dergisi**, 14: 14-55.
- KOCABAŞ, U., I. ÖZSAİT-KOCABAŞ, E. TÜRKMENÖĞLU, T. GÜLER, N. KILIÇ, 2012 “Yenikapı Batıkları Sırlarını Günışığına Çıkıyor”, **Toplumsal Tarih**, 217, 73-95.
- MARANGOZ, A.M., M. ÖZEN., 2020 Tarihi Yerleşim Alanlarının Yersel Fotogrametrik Yöntem ile 3B Modellemesi: Zeynel Bey Türbesi Örneği, **Türkiye Fotogrametri Dergisi**, 2(1): 1-6.
- MARTORELLI M., C. PENSA, D. SPERANZA, 2014 “Digital Photogrammetry for Documentation of Maritime Heritage”, **Journal of Maritime Archaeology**, 9, 81-93.
- MCCARTHY, J., J. BENJAMIN, T. WINTON, W.V. DUİVENVOORDE, 2019 “The Rise of 3D in Maritime Archaeology”, **3D Recording and Interpretation for Maritime Archaeology**, USA: 1-10.
- MENNA F., P. AGRAFİOTİS, A. GEORGOPOULOS, 2018 “State of the Art and Applications in Archaeological Underwater 3D Recording and Mapping”, **Journal of Cultural Heritage**, 33: 231-248.
- MÜLLER-WIENER, W., 1998 **Bizans'tan Osmanlı'ya İstanbul Limanı**, Çev. Erol Özbek, Tarih Vakfı Yurt Yayınlar, İstanbul.
- NAYLING, N., JONES, T., 2012 “Three-Dimensional Recording and Hull Form Modelling of the Newport (Wales) Medieval Ship” Ed. N. Gunsenin, **Between Continents. Proceedings of the Twelfth International Symposium on Boat and Ship Archaeology**, Ege Yayınları, İstanbul: 319-324.
- ONAR, V., G. PAZVANT, A. ARMUTAK, H. ALPAK, İ. “Yenikapı Metro ve Marmaray Kazılarında Ortaya Çıkarılan Hayvan İskelet Kalıntılarının Ön

- KARAMUT, M. GÖKÇAY, 2010 İnceleme Sonuçları”, Ed. U. Kocabaş, **İstanbul Arkeoloji Müzeleri Marmaray-Metro Kurtarma Kazıları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 5–6 Mayıs 2008**, 223–231. İstanbul.
- ONAR, V., 2013 “Yenikapı Metro ve Marmaray Kazısı Hayvan İskeletleri”, **Bilim ve Teknik**, 552: 40-43.
- ONAR, V., G. PAZVANT, H. ALPAK, A. ARMUTAK, 2014 “Konstantinopolis’in Hayvanları: Yenikapı Metro ve Marmaray Kazısında Ortaya Çıkarılan Hayvan İskelet Kalıntıları”, **Hayalden Gerçeğe Bir İstanbul Öyküsü Marmaray**, Ankara: 246-255.
- ÖZMEN, H. İ., 2017 “Tarihe ve Kültüre Saygı: Marmaray”, Z. Kızıltan (ed) **Gün Işığında İstanbul’un 8000 Yılı: Marmaray, Metro, Sultanahmet Kazıları**, Vehbi Koç Vakfı Yayını, İstanbul: 22-27.
- ÖZSAİT-KOCABAŞ, I., 2010a Yenikapı 12 Batığı: Yapım Tekniği ve Rekonstrüksiyon Önerisi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- ÖZSAİT-KOCABAŞ, I., 2010b “Yenikapı Batıklarında In situ Belgeleme”, Ed. U. Kocabaş, **İstanbul Arkeoloji Müzeleri Marmaray-Metro Kurtarma Kazıları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 5–6 Mayıs 2008**, 35–51. İstanbul.
- ÖZSAİT-KOCABAŞ, I., 2012 “Belgeleme: Ahşabı Okumak”, Ed. U. Kocabaş, **Yenikapı Batıkları Cilt 1: Yenikapı’nın Eski Gemileri**, Ege Yayınları, İstanbul: 37-72.
- ÖZSAİT-KOCABAŞ, I., 2022 “Kazı, Belgeleme ve Konservasyon”, Ed. U. Kocabaş, **Yenikapı Batıkları Cilt 3: Yenikapı 12 Erken Orta Çağ Ticaret Teknesi**, Ege Yayınları, İstanbul: 11-73.
- ÖZSAİT-KOCABAŞ, I., U. KOCABAŞ, 2012 “Yenikapı Batıklarında Teknoloji ve Konstrüksiyon Özellikleri: Bir Ön Değerlendirme”, Ed. U. Kocabaş, **Yenikapı**

Batıkları Cilt 1: Yenikapı'nın Eski Gemileri,
Ege Yayınları, İstanbul: 97-186.

PACHECO-RUIZ, R., J. ADAMS, F. PEDROTTI, 2018
"4D Modelling of Low Visibility Underwater Archaeological Excavations Using Multisource Photogrammetry in the Bulgarian Black Sea", **Journal of Archaeological Science**, 100:120-129.

PAASCHE, K., 2010
"Tunskipet Dokumentasjon og Rekonstruksjon.", Doktora tezi, Institute of Archaeology, Conservation, and History, University of Oslo.

PAASCHE, K., 2020
"The Tune Viking Ship Reconsidered", **International Journal of Nautical Archaeology**, 49/1, 29-48.

PETERSEN, A.H., STRÆTKVERN, K., 2020
"Atalarımızın Omuzlarında Yükselmek-Bir Altyapı ve Bir Bakış Açısı. Danimarka'da Suya Doymuş Arkeolojik Gemi Batıklarının Konservasyon Çalışmalarıyla Geçen Elli Yıl", **TINA**, 13: 46-68.

PRYOR, J. H., E. M. JEFFREYS, 2006
The Age of the ΔPOMΩN. Leiden and Boston.

PULAK, C., R. INGRAM, M. JONES, 2015
"Eight Byzantine Shipwrecks from the Theodosian Harbour Excavations at Yenikapı in Istanbul, Turkey: an introduction", **International Journal of Nautical Archaeology**, 44.1: 39-73.

RAVN, M., 2012
"Recent Advances in Post-Excavation Documentation: Roskilde Method" Ed. N. Gunsenin, **Between Continents. Proceedings of the Twelfth International Symposium on Boat and Ship Archaeology**, Ege Yayınları, İstanbul: 313-317.

ROWLAND, C., K. HYTTINEN, 2017
"Photogrammetry in Depth: Revealing HMS Hampshire", Ed. Bowen JP, Diprose G., Lambert N., **Proceedings of electronic visualisation and the arts (EVA 2017)**, London, UK: 358-364.

- SAKELLIADES, V., 1997 “Byzantine Naval Power”, Ed. in D. Zafiropoulou (ed.), **Journeys on the Seas of Byzantium**, 47–54.
- STAVROULAKI, F., 1997 “Byzantine Seaports”, Ed. D. Zafiropoulou, **Journeys on the Seas of Byzantium**, 18-31.
- SEECK, O., 1879 Notitia Dignitatum: Accedunt notitia uris Constantinopolitanae et laterculi provinciarum, İstanbul.
- STEFFY, J.R., 1994 **Wooden Ship Building and The Interpretation of Shipwrecks**, Texas A&M University Press, College Station.
- TÜRKMENOĞLU, E., 2017 “Yenikapı 27 Batığı: Konstrüksiyon Özellikleri Ve Restitüsyon Önerisi”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- TÜRKMENOĞLU, E., 2021 Yenikapı 27 Shipwreck: Hull Members, Construction Technique and Structural Features, Art-Sanat 16, 557-574.
- FARO International, 2019 “Accessories Manual for the FaroArm, ScanArm, and Gage” (Çevrimiçi), [Accessories Manual for the FaroArm, ScanArm, and Gage - FARO® Knowledge Base](#), (Erişim tarihi: 21.10.2021).
- Faro 1, 2021 “Measurement Technology Application Areas” (Çevrim içi), <http://www.faro.com> , (Erişim tarihi: 02.10.2021).
- Faro 2, 2021 “Certification or Repair by Other Companies” (Çevrim içi), [Certification or Repair by Other Companies - FARO® Knowledge Base](#), (Erişim tarihi: 15.10.2021).

- Faro 3, 2021 “FaroArm Models by Generations” (Çevrim içi), [FaroArm Models by Generation - FARO® Knowledge Base](#), (Erişim tarihi: 15.10.2021).
- Faro 4, 2021 “Compensation, Calibration, and Certification Standards for FARO Devices” (Çevrim içi), [Compensation, Calibration, and Certification Standards for FARO Devices - FARO® Knowledge Base](#), (Erişim tarihi: 14.10.2021).
- Faro 5, 2021 “Calibration Certificates for the FaroArm” (Çevrim içi), [Calibration Certificates for the FaroArm - FARO® Knowledge Base](#), (Erişim tarihi: 13.10.2021).
- Faro 6, 2021 “Calibration Due Date Does Not Appear on Calibration Certificates” (Çevrim içi), [Calibration Due Date Does Not Appear on Calibration Certificates - FARO® Knowledge Base](#), (Erişim tarihi: 15.10.2021).
- FARO International, 2021 “Measurement Technology Application Areas” (Çevrim içi), <http://www.faro.com>, (Erişim tarihi: 02.10.2021).
- Rhino 1, 2021 “What are NURBS?”, (Çevrim içi), www.rhino3d.com/features/nurbs/, (Erişim tarihi: 13.10.2021)
- Rhino 2, 2022 <https://www.rhino3d.com/features/> (Çevrim içi), (Erişim tarihi: 21.07.2022)