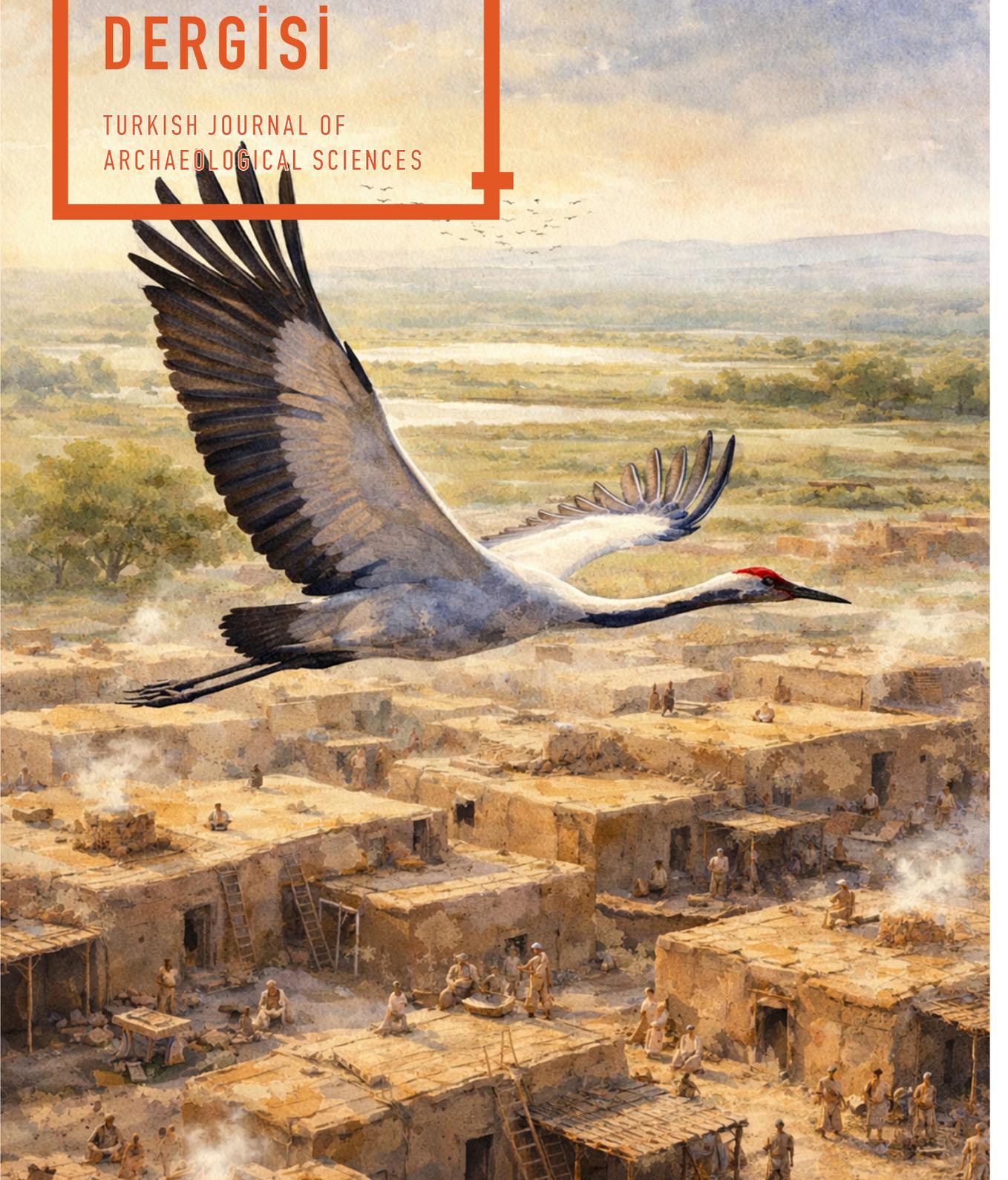


ARKEOLOJİ BİLİMLERİ DERGİSİ

2026

ISSN 2822-2164

TURKISH JOURNAL OF
ARCHAEOLOGICAL SCIENCES





Arkeoloji Bilimleri Dergisi, yüksek akademik ve etik yayıncılık standartlarını benimseyen, uluslararası hakemli bir akademik dergidir ve TÜBİTAK-ULAKBİM TR Dizin’de taranmaktadır. The Turkish Journal of Archaeological Sciences is an international peer-reviewed publication and is indexed in the TÜBİTAK–ULAKBİM TR Index.

ISSN 2822-2164

Editörler / Editors

Güneş Duru Mimar Sinan Fine Arts University, Türkiye
Mihriban Özbaşaran

Yardımcı Editörler / Associate Editors

Brenna Hassett University of Central Lancashire, UK
Melis Uzdurum University of Helsinki, Finland
Sera Yelözer Kılıç Kadir Has University, Türkiye
Fatma Kalkan Koç University, Türkiye

Dil Editörleri / Language Editors

Brenna Hassett (İngilizce / English), University of Central Lancashire, UK
Tuğçe Atalay (Türkçe / Turkish), İstanbul University, Türkiye

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Publishing Manager

Varlık İndere

Yapım / Production

Zero Prodüksiyon Kitap-Yayın-Dağıtım San. Ltd. Şti.
Abdullah Sokak, No: 17, Taksim / Beyoğlu 34433 İstanbul - Türkiye
Tel: +90 (212) 244 7521 Fax: +90 (212) 244 3209
E.mail: info@zerobooksonline.com
www.zerobooksonline.com

Tasarım / Design

Adnan Elmasoğlu

Uygulama / Layout Design

Hülya Tokmak

Kapak Fotoğrafi / Cover Photo

Güneş Duru, Yapay zeka üretimi görsel / AI-generated image



Danışma Kurulu / Advisory Board

Eşref Abay Ege University, Türkiye

Murat Akar Hatay Mustafa Kemal University, Türkiye

Benjamin S. Arbuckle University of North Carolina, USA

Levent Atıcı University of Nevada, USA

Meriç Bakiler Mimar Sinan Fine Arts University, Türkiye

Anna Belfer-Cohen Hebrew University, Israel

Marion Benz State Department of Archaeology, Switzerland

Rozalia Christidou CNRS, France

Çiler Çilingiroğlu Ege University, Türkiye

Nüzhet Dalfes Istanbul Technical University (emeritus), Türkiye

Caroline Douché University of Oxford, UK

Burçin Erdoğu Akdeniz University, Türkiye

Nigel Goring-Morris Hebrew University, Israel

Metin Kartal Ankara University, Türkiye

Nurcan Kayacan Istanbul University, Türkiye

Moritz Kinzel German Archaeological Institute, Türkiye

Elif Koparal Mimar Sinan Fine Arts University, Türkiye

Susan M. Mentzer University of Tübingen, Germany

Natalie Munro University of Connecticut, USA

Rana Özbal Koç University, Türkiye

Mehmet Somel Middle East Technical University, Türkiye

Mary Stiner University of Arizona (emeritus), USA

Georgia Tsartsidou Ephorate of Palaeoanthropology - Speleology, Greece



İçindekiler / Contents

VI Editörlerden

VII Note from the editors

Araştırma makalesi / Research article

1 **Berkay Dinçer**

Rastgele Sistematik Örnekleme ile Paleolitik Buluntu Yerleri
Tespit Edilebilir mi? Batı Afyonkarahisar Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması

24 **Marta Lorenzon, Paula Gheorghide, Samuel Reinikainen,
Tia Sager, Hussein Al-Sababha, Maher Tarboush,
Antti Lahelma**

Digitalizing Materialities: Integrating 3D Documentation at Tall Ya'moun
and Tall al-Assara

42 **Ramazan Parmaksız, Beatrice Demarchi, Lisa Yeomans**

Birds Through Time in Türkiye: Morphological and Proteomic Approaches
to Archaeological Avifauna

69 **Tuba Özçam, Hatice Gönül Yalçın**

Derekutuğun Madenci Yerleşiminde Bulunan Hellenistik Dönem
Kalıp Yapımı Kâseler

94 **Ahmet Rüstem Ekici, Hakan Sorar**

Görünmeyeni Görmek: Artırılmış Gerçeklik ve Arkeolojik Bilginin
Ontolojik Dönüşümü Üzerine Eleştirel Bir Analiz

- 106** **Dorukhan Arslan, Ece Ünal, Pınar Ersoy**
GlyphTrack: Orman Örtüsü Altında Jeoglif İlişkili Anomalilerin Tespiti
İçin Bütünleşik Bir İş Akışı
- 124** Amaç & Kapsam
- 125** Aims & Scope
- 126** Makale Değerlendirme Politikası (Çift Taraflı Kör Hakemlik) ve
Yayın Süreci
- 130** Article Evaluation Policy (Double-Blind Peer Review) and Publication
Process
- 133** Arkeoloji Bilimleri Dergisi Yayın Etiği ve Yayın Politikası
- 136** Turkish Journal of Archaeological Sciences Publication Ethics and Policies
- 139** Makale Gönderimi ve Yazım Kılavuzu
- 142** Article Submission and Author Guidelines



Editörlerden

Elinizdeki altıncı sayımızla herkese yeniden merhaba. Arkeoloji Bilimleri Dergisi'nin TR Dizin kapsamına kabul edilmiş olması, altı yıldır süren emeklerimizin görünürlük kazanması açısından bizler için sevindirici bir gelişme. Bu süreci, başından beri sürdürmeye çalıştığımız ortak üretim anlayışının doğal bir sonucu olarak görüyoruz.

Bu sayı, dördüncü sayıda aldığımız bazı editoryal kararların devamı niteliğinde, kapsamı görece daha geniş bir içerikle hazırlandı. Teknolojik yenilikler, kuramsal ve metodolojik tartışmalar ile arkeolojinin farklı disiplinlerle kurduğu temaslar; günümüz arkeoloji çalışmalarının çeşitliliğini yansıtan örnekler olarak dergide bir araya geliyor. Dergimiz, belirli bir kuruma, yaklaşıma ya da düşünce hattına bağlı kalmaksızın; farklı ölçeklerde ve farklı bakış açılarıyla üretilmiş çalışmaları bir arada sunmayı amaçlıyor. Bu çeşitliliğin, arkeoloji bilimleri için besleyici ve geliştirici olduğuna inanıyoruz.

Altıncı sayımızın da bu açık ve paylaşımcı çerçeveye katkı sunmasını diliyoruz; emeği geçen tüm yazarlarımıza, hakemlerimize ve okurlarımıza teşekkür ediyoruz.

Herkese iyi okumalar.



Note from the editors

We are pleased to once again address our readers with the publication of our sixth issue. The inclusion of the Turkish Journal of Archaeological Sciences in the TR Index constitutes a significant and gratifying development, rendering visible the sustained efforts of the past six years. We regard this achievement as a natural outcome of the collective and collaborative scholarly ethos that has guided the journal since its inception.

This issue has been prepared with a comparatively broader scope, in continuity with certain editorial decisions adopted in the fourth issue. Contributions addressing technological innovations, theoretical and methodological debates, and the intersections established between archaeology and other disciplines are brought together here as reflections of the diversity and dynamism characterizing contemporary archaeological research. Without aligning itself with any particular institution, theoretical framework, or intellectual orientation, the journal seeks to provide a platform from diverse perspectives. We maintain that such plurality constitutes a productive and generative ground for the advancement of archaeological sciences.

We hope that this sixth issue will further contribute to this open and dialogical framework. We extend our sincere thanks to all contributing authors, reviewers, and readers for their valuable support and engagement.

Enjoy your reading!

Rastgele Sistematik Örnekleme ile Paleolitik Buluntu Yerleri Tespit Edilebilir mi? Batı Afyonkarahisar Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması

Berkay Dinçer^a

Özet

Batı Afyonkarahisar Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması, dört arazi sezonu boyunca rastgele sistematik örneklem yöntemi uygulanarak gerçekleştirilmiştir. 10 km aralıklarla 73 gözlem noktası belirlenmiştir. 25 noktada arkeolojik buluntulara ulaşılmıştır; bunların 11'i Paleolitik Çağ'a tarihlenmektedir. Yöntemin temel amacı, tüm ülkeye uyarlanabilirliği test etmek için geniş alanları sistematik olarak araştırmaktır. Bu yöntem, ölçeklenebilirliği ve pozitif bulguların yanı sıra "yokluk verisi" oluşturma yeteneği nedeniyle özellikle önemlidir. Ancak, arazi çalışması sınırlamaları ortaya çıkarmıştır: 73 noktanın 22'sine ulaşamamıştır ve planlanan yürüme güzergâhları tam olarak uygulanamamıştır. Arkeolojik açıdan, çalışma Batı Afyonkarahisar'da Alt ve Orta Paleolitik teknolojileri ortaya çıkarmış, bu teknolojilerin yerel hammadde mevcudiyetine bağlı olarak nasıl çeşitlendiğini göstermiştir. Önemli bir bulgu olarak, bir yerleşim yeri arkeometrik yöntemlerle 119.600±17.900 yıl öncesine tarihlendirilmiştir. Kimi kısıtlamalara rağmen çalışma, önyargısız ve hızlandırılmış bir bölgesel Paleolitik envanterin oluşturulmasının mümkün olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Paleolitik, yüzey araştırması yöntemi, yontmataş, Afyonkarahisar, rastgele sistematik örneklem

Abstract

The West Afyonkarahisar Palaeolithic Survey was conducted using a random systematic sampling method across four field seasons, during which 73 observation points were identified at 10 km intervals. Archaeological remains were revealed at 25 locations, 11 of which date back

^a İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Antropoloji Bölümü, Laleli, Fatih, İstanbul.
berkay.dincer@istanbul.edu.tr ; <https://orcid.org/0000-0001-8240-5973>

Makale gönderim tarihi: 9 Ekim 2025; Makale kabul tarihi: 13 Aralık 2025

to the Palaeolithic Age. The primary goal of this method was to systematically investigate large areas in order to test its suitability for application across the entire country. The method is particularly significant due to its scalability and its ability to generate “absence data” alongside positive finds. However, fieldwork revealed certain limitations: 22 of the 73 points could not be reached, and the planned walking routes were not fully implemented. Archaeologically, the study identified Lower and Middle Palaeolithic technologies in western Afyonkarahisar, demonstrating that these technologies varied according to the availability of local raw materials. Notably, one site was archaeometrically dated to 119.600 ± 17.900 years ago. Despite these constraints, the study demonstrated that an unbiased and accelerated regional Palaeolithic inventory is feasible.

Keywords: Palaeolithic, survey methodology, lithics, Afyonkarahisar, random systematic sampling

Giriş

Açık hava Paleolitik Çağ buluntu yerleri genellikle uzaktan fark edilmeyecek niteliktedir. Bunların tespiti genellikle yürünerek yüzey araştırması yapılması ile mümkün olabilir. Bu açıdan Paleolitik buluntu yerlerinin az bilindiği veya hiç bilinmediği alanlarda yeni bir araştırmaya başlamak bazen Paleolitik Çağ'a dair hiçbir şey bulunamaması riskini de barındırır. Yürünerek yüzey araştırması yapılması zorunluluğu eğer Paleolitik açısından verimsiz bir alana denk gelirse zaman kaybına neden olabilir.

Kimi yüzey araştırmalarında yer bilimlerinin yöntemleri kullanılarak Paleolitik Çağ'dan beri aşınmadan veya örtünmeden kalmış jeomorfolojik birimlere yönelik çalışmalar yapılarak bu zaman kayıplarının önüne geçilebilmiştir (Minzoni-Déroche, 1987; Sanlaville, 1979). Yüzeylerin açığa çıkma yaşları da Paleolitik buluntular için bir *terminus post quem* elde edilmesini sağlamaktadır. Bu tür bir yüzey araştırmasının dezavantajı ise her ne kadar araştırılacak alan daraltılmış olsa da yine de bu alanlarda Paleolitik buluntular olmayabileceği ve böylelikle de yine yürünerek ayrıntılı araştırma yapılmasının zorunlu olmasıdır.

Her durumda bu yöntemin standart ve sistemantik bir arayıştan çok bir şeyleri tespit etmeye yönelmiş olması söz konusudur. Yüzey araştırmalarının sistemantik olarak yapılmasına yönelik pek çok çalışma yapılmıştır (Given vd., 1999; Koparal, 2018). Genellikle belirli coğrafi birimlerin hedeflendiği alanlarda gerçekleştirilen bu çalışmaların daha geniş alanlarda uygulanması da haliyle daha fazla zaman gerektirmektedir.

Paleolitik Çağ hakkında en az bilgiye sahip olunan ülkelerden bir tanesi Türkiye'dir (Arsebük, 1998; Dinçer, 2019; Kuhn, 2002). Son 15-20 yılda doğrudan Paleolitik Çağ'a yönelik yüzey araştırmalarının sayısı artmış olsa da (Aydın vd., 2025a, 2025b; Baykara vd., 2019; Bulut vd., 2023; Çilingiroğlu vd., 2016; Dinçer, 2010; Dinçer & Karahan, 2020; Dinçer vd., 2020; Dinçer vd., 2021; Erbil, 2018; Fındık vd., 2022; Kartal vd., 2021; Kodaş, 2025; Kuhn vd.,

2015; Özçelik vd., 2017; Özer vd., 2018; Sağır vd., 2020; Şahin, 2020; Taşkiran & Kartal, 2001; Yaman, 2020) ve bütün bu araştırmalarla ilgili yayınlarda bunların “sistemantik” taramalar olduğu vurgulansa da aslında tüm bu çalışmalarda Paleolitik Çağ buluntularının ortaya çıkarılmış olduğu yerlerden söz edilmektedir. Neredeyse hiçbir araştırma raporunda bulguların/ buluntuların olmadığı yerlerden söz edilmemektedir. Elbette son 15 yılda Türkiye’de ondan önceki tüm zamanlarda tespit edilenden daha fazla sayıda Paleolitik buluntu yeri ortaya çıkarılmış ve bunların yayımlanmış olması olumludur.

Günümüz Paleolitik Çağ bilimi her ne kadar buluşlara odaklanmış olsa da bilimin doğası bulmaktan çok aramakla ilgilidir ve bir bulgu tespit edilememişse Türkiye’de Paleolitik araştırmaların nerelerde yapıldığı ve nerelerin taranmış olduğu bilinmemektedir. Ülkenin büyüklüğü, verinin eksikliği, yol, baraj gibi yapılaşma işleri ve yasadışı definencilik gibi tahrip eden etkenler ile birlikte değerlendirildiğinde Paleolitik araştırmanın ne kadar acil olduğu anlaşılabilir. Bu nedenle geniş bölgelerin Paleolitik Çağ bulgularına jeolojik, jeomorfolojik vb. ön yargıları göz ardı ederek objektif bir şekilde ulaşılmaları önem arz etmektedir. Bu nedenle rastgele sistemantik bir örneklem elde edilmesine dayanan yeni bir Paleolitik Çağ yüzey araştırması yöntemi ortaya atılmış, 2022-2025 yıllarında Afyonkarahisar ilinin batısındaki ilçelerde dört araştırma sezonu boyunca bu yöntemin geçerliliği, eksiklikleri ve avantajları sınanmıştır. Böylelikle bu yöntemin tüm Türkiye’yi kapsayabilecek bir araştırmanın yöntemi olup olamayacağı da kısmen anlaşmıştır.

Yöntem

Türkiye’de yüzey araştırması izinleri genellikle il veya ilçe idari birimlerine göre verilmektedir. İl, bölge veya ülke ölçeğinde büyük alanların Paleolitik Çağ açısından araştırılması öncelikle alanın büyüklüğü nedeniyle oldukça zordur (Dinçer, 2022; Kantman, 1969). Örneğin Afyonkarahisar ili yaklaşık 14.000 kilometrekarelik bir alanı kaplamaktadır ve bu alanın yürünerek araştırılması hedeflendiğinde bu, yüzlerce yıl alacaktır. Dolayısıyla yüzey araştırma yöntemi olarak ne seçilirse seçilsin burada bir örneklem seçilimi gerekmektedir.

Günümüzde Paleolitik buluntu yerlerinin tespit edilmesinde öne çıkan bazı yaklaşımlar arasında en önemlileri uygunluk analizleridir. Örneğin volkanik araziler, fay hatları ve termal kaynaklar (Tsakanikou vd., 2025) veya eğim, yükseklik, bakı vb. faktörler (Diaz-Rodriguez vd., 2023) gibi pek çok bileşenin araziye çıkmadan değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Arazinin uygunluğu yanında bir de önemli bir durum olarak bulunabilirlik değerlendirilmelidir. Bulunabilirlik ise Paleolitik kalıntıların var olmasına uygun olan bir yere bugün ulaşıp ulaşılamayacağıdır (Kiraz, 2025). Söz konusu çalışmalar Afyonkarahisar özelinde gerçekleştirilmemiş oldukları için mevcut bir veri bulunmamaktadır. Bu tür modellemelerin araziye çıkılmadan sağlanmasını yapmak güçtür. Ayrıca öngörü içeren söz konusu bu modellerin geçerliliği özellikle farklı coğrafi

bağlantılarda yeterince sınanmamıştır. Bu modellerdeki temel sınırlayıcılardan biri de bunların bilinen Paleolitik buluntu yerlerine ait arazi verilerinden yola çıkmamasıdır.

Ülkenin coğrafi olarak sistemantik bir şekilde arkeolojik araştırmalarda bölgelere ayrılması için bir yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemle göre, Türkiye’den geçen enlem ve boylamlar 15 dakikalık aralıklarla bölünmüş, boylamlar batıdan doğuya 1’den 76’ya kadar sayılarla, enlemler ise her bir kenarı 15 derece uzunluğunda olan ve AA’dan ZZ’ye kadar alfabetik harflerle adlandırılan dörtgenlere ayrılmıştır. Bu şekilde oluşturulan ızgara, her bölgenin H2, R61 gibi isimlere sahip olmasını ve bu alanlardaki arkeolojik buluntuların tespit sırasına göre R61/3 gibi numaralandırılmasını sağlayarak her alana benzersiz bir kod verilmesini mümkün kılmıştır (Benedict, 1980). Ancak bu, sistemantik bir örneklem seçiminden çok ülkenin birimlere ayrılmasına yöneliktir.

Küçük Paleolitik alanlara yönelik sistemantik örneklemeye için uzun yıllardır *dog-leash* (“köpek tasması”) yöntemi kullanılmaktadır. Buna göre eşit aralıklarla tespit edilmiş noktalarda gözlem ve buluntu sayımı yapılmaktadır. Türkiye’de de bu yöntem Paleolitik buluntu yerlerinde başarıyla uygulanmıştır (Baykara vd., 2018; Çilingiroğlu vd., 2018; Roosevelt vd., 2019). Bu yöntemle sistemantik olarak veri elde etmek mümkün olsa da bu yöntem bugüne dek sadece sınırları belirli yerlerde uygulanmıştır. Ayrıca yöntem buluntu yerlerinin tespit edilmesinde değil, tespit edilmiş buluntu yerlerinin analiz edilmesinde kullanılmıştır. Bu yöntem buluntu olmayan yerlerde kullanılmamıştır.

Batı Afyonkarahisar Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması, arazinin sistemantik olarak eşit aralıklarla bölünmesinde Benedict’in (1980) tanımladığı yöntemden esinlenmiştir. Birbirinden eşit aralıklarla ayrılmış noktalarda gözlem yöntemi olarak *dog-leash* yönteminden faydalanılmıştır. *Dog-leash* yöntemindeki gibi bir daire çizilerek içindeki her şeyin sayılabilmesi söz konusu olduğunda ise aşağıda ayrıntılı biçimde açıklanacağı üzere yaygın yaya yüzey araştırması yöntemine geri dönmüştür.

Yöntemin esası rastgele sistemantik örneklemeye araziye uygulanmasıdır (Dinçer vd., 2023, 2024, 2025). Metrik sistemle uyumlu olması nedeniyle, UTM koordinat sistemi kullanılarak her 10 kilometrede bir gözlem noktaları oluşturulmuştur (Tablo 1). Bu noktaların başlangıcı Afyonkarahisar ilinin tamamını kapsayabilmesi için UTM koordinat sisteminde sonunda binlik tam sayılar olan 35S 730000D 4190000K noktasında yer almaktadır. Burası Denizli’nin Bozkurt ilçesindedir. Araştırma alanının güneybatısında yer alan bu noktadan başlanarak kuş uçuşu her 10 kilometrede bir sistemantik olarak noktalar oluşturulmuştur (Şekil 1 ve 2).

Tablo 1: Batı Afyonkarahisar Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması Gözlem Noktaları

Gözlem Noktası	Koordinat	Ulaşıldı/ Ulaşılamadı	Arkeolojik Malzeme Tipi	Olası Dönem	Yontmataş Sayısı
A02	37.54.57 K 29.43.48 D	✓	Yok	-	-
B01	37.49.23 K 29.50.25 D	✗	-	-	-
B02	37.54.47 K 29.50.37 D	✓	Seramik, yonga	Roma Dönemi, Osmanlı/ Cumhuriyet	1
B03	38.00.11 K 29.50.50 D	✓	Seramik	Roma Dönemi veya sonrası	-
B09	38.32.35 K 29.52.06 D	✗*	-	-	-
C01	37.49.13 K 29.57.13 D	✗*	-	-	-
C02	37.54.37 K 29.57.26 D	✓	Seramik	Roma Dönemi	-
C03	38.00.01 K 29.57.39 D	✓	Yok	-	-
C04	38.05.25 K 29.57.52 D	✓	Döven taşı, seramik	Osmanlı/Cumhuriyet	3
D01	37.49.13 K 30.02.46 D	✗	-	-	-
D02	37.54.37 K 30.02.33 D	✓	Yok	-	-
D03	38.00.01 K 30.02.20 D	✓	Yok	-	-
D04	38.05.25 K 30.02.07 D	✓	Yok	-	-
D05	38.10.49 K 30.01.53 D	✓	Döven taşı, seramik	Osmanlı/Cumhuriyet	1
D07	38.21.37 K 30.01.27 D	✓	Yok	-	-
D08	38.27.01 K 30.01.14 D	✓	Yok	-	-
D09	38.32.25 K 30.01.00 D	✗	-	-	-
D10	38.37.49 K 30.00.47 D	✗*	El baltaları, yonga ve çekirdekler	Alt Paleolitik	130
D11	38.43.13 K 30.00.33 D	✗*	Yok	-	-
E03	38.00.11 K 30.09.09 D	✓	Yok	-	-

Gözlem Noktası	Koordinat	Ulaşıldı/ Ulaşılamadı	Arkeolojik Malzeme Tipi	Olası Dönem	Yontmataş Sayısı
E04	38.05.35 K 30.08.57 D	✓	Yok	-	-
E05	38.10.59 K 30.08.44 D	✗	-	-	-
E06	38.16.23 K 30.08.31 D	✓	Yok	-	-
E07	38.21.47 K 30.08.19 D	✗	-	-	-
E08	38.27.11 K 30.08.06 D	✓	Yok	-	-
E09	38.32.35 K 30.07.53 D	✓	Seramik	Roma Dönemi (?)	-
E10	38.37.59 K 30.07.40 D	✗*	Çaytaşı	Belirsiz	1
E11	38.43.39 K 30.07.45 D	✗*	Yok	-	-
E11-1 (Çayhisar)	38.44.18 K 30.11.20 D	✓	Yongalar, satır	Orta Paleolitik	9
E12	38.48.79 K 30.07.24 D	✓	Levallois ürün ve çekirdekler, yongalar	Orta Paleolitik	194
F04	38.05.45 K 30.15.47 D	✓	Seramik	Belirsiz	-
F05	38.11.09 K 30.15.35 D	✓	Seramik, yonga	Belirsiz	1
F06	38.16.33 K 30.15.22 D	✗*	Yok	-	-
F07	38.21.57 K 30.15.10 D	✓	Seramik	İlk Tunç Çağı veya sonrası	3
F08	38.27.21 K 30.14.58 D	✓	Yok	-	-
F08-1 (Selçik1)	38.26.52 K 30.17.31 D	✓	Yonga, çekirdekler	Orta Paleolitik	27
F08-2 (Selçik2)	38.25.32 K 30.17.43 D	✓	Yonga, çekirdekler	Orta Paleolitik	107
F08-3 (Kargın)	38.25.10 K 30.19.01 D	✓	Yonga, çekirdekler	Orta Paleolitik	26
F09	38.32.45 K 30.14.46 D	✓	Yok	-	-
F10	38.38.09 K 30.14.33 D	✗*	Yonga	Belirsiz	1

B. Diñer / Rastgele Sistematik Örnekleme ile Paleolitik Buluntu Yerleri Tespit Edilebilir mi?

Gözlem Noktası	Koordinat	Ulaşıldı/ Ulaşılamadı	Arkeolojik Malzeme Tipi	Olası Dönem	Yontmataş Sayısı
F11	38.43.56 K 30.14.35 D	✓	Yonga	Belirsiz	11
F12	38.48.96 K 30.14.14 D	✓	Yonga, çekirdekler	Orta Paleolitik	20
F13	38.54.36 K 30.13.93 D	✓	Yonga	Belirsiz	1
G04	38.05.54 K 30.22.37 D	✗*	Yok	-	-
G05	38.11.18 K 30.22.25 D	✓	Yok	-	-
G06	38.16.43 K 30.22.14 D	✓	Yok	-	-
G07	38.22.07 K 30.22.02 D	✗	-	-	-
G08	38.27.31 K 30.21.50 D	✗	-	-	-
G09	38.32.55 K 30.21.38 D	✗	-	-	-
G10	38.38.32 K 30.21.44 D	✓	Yok	-	-
G11	38.43.72 K 30.21.24 D	✓	Yok	-	-
G12	38.49.12 K 30.21.04 D	✓	Levallois ürün ve çekirdekler, yongalar	Orta Paleolitik	174
G13	38.54.52 K 30.20.84 D	✓	Levallois yonga, mikro kıyıcı	Orta Paleolitik	2
H05	38.11.27 K 30.29.16 D	✗	-	-	-
H06	38.16.52 K 30.29.05 D	✓	Yok	-	-
H07	38.22.16 K 30.28.54 D	✗	-	-	-
H08	38.27.67 K 30.28.71 D	✗	-	-	-
H09	38.33.07 K 30.28.52 D	✓	Yonga, çekirdekler	Belirsiz	110
H10	38.38.47 K 30.28.33 D	✓	Yok	-	-
H11	38.43.87 K 30.28.14 D	✓	Yonga, döven taşı	Belirsiz, Osmanlı/ Cumhuriyet	2

Gözlem Noktası	Koordinat	Ulaşıldı/ Ulaşılamadı	Arkeolojik Malzeme Tipi	Olası Dönem	Yontmataş Sayısı
H12	38.49.27 K 30.27.95 D	✓	Yonga	Belirsiz	1
I06	38.17.00 K 30.35.56 D	✓	Yok	-	-
I07	38.22.41 K 30.35.76 D	✓	Yonga, çekirdekler	Belirsiz	3
I08	38.27.81 K 30.35.58 D	✓	Yok	-	-
I09	38.33.21 K 30.35.40 D	✓	Yok	-	-
I10	38.38.62 K 30.35.22 D	✓	Levallois ürün ve çekirdekler, yongalar	Orta Paleolitik	38
I11	38.43.12 K 30.35.03 D	✗	-	-	-
I12	38.49.42 K 30.34.85 D	✓	Yok	-	-
I13	38.54.82 K 30.34.67 D	✓	Yonga, çekirdekler	Orta Paleolitik	6
J06	38.17.14 K 30.42.79 D	✓	Yok	-	-
J07	38.22.55 K 30.42.62 D	✓	Yok	-	-
J08	38.27.95 K 30.42.45 D	✓	Yok	-	-
J09	38.33.35 K 30.42.28 D	✓	Yonga, çekirdekler	Belirsiz	25
J10	38.38.76 K 30.42.11 D	✓	Yonga	Belirsiz	1
J11	38.44.16 K 30.41.93 D	✓	Yok	-	-
K09	38.33.29 K 30.49.09 D	✗	-	-	-
K10	38.38.89 K 30.49.00 D	✓	Yonga, çekirdekler	Belirsiz	2

Bunu göre, Afyonkarahisar'ın batı ilçelerindeki çalışma alanında 73 gözlem noktası oluşturulmuştur. Afyonkarahisar ilinin batı ilçelerinde yaklaşık 7.000 kilometre karelik bir alan, güneybatıdaki başlangıç noktasından başlayarak batıdan doğuya alfabenin A harfinden başlayıp doğuya doğru artacak şekilde ve güneyden kuzeye artan sayılarla isimlendirilmiştir. Buna göre

her noktanın A02, E11, H08 gibi üç haneli bir kodu olmuştur. Örneğin E11 noktası, 35S 730000D 4190000K noktasından 50 km doğuda, 110 km kuzeydedir.

Belirlenmiş 73 noktanın nasıl inceleneceği yaygın yaya yüzey araştırması ve *dog-leash* yöntemlerinin bir karışımıdır. Gözlem noktalarının araştırılması için noktadan başlanarak kuzey, güney, doğu, batı yönlerinde 500'er metrelik doğrusal yürüyüşler yapılması planlanmıştır. Elbette bunların araştırmacılar tarafından geri dönülmeden yürünebilmesi için kuzeyde son ulaşılan noktadan doğudakine yaklaşık 700 m uzunluğundaki hipotenüs boyunca yürünmesi mantıklı olacaktır. Arazide GPS kaydı alınarak bu şekilde yüründüğünde GPS izi birbirine tek köşe noktasında temas eden iki ikiz kenar üçgen (kelebek gibi) şeklinde olacaktır. Böylelikle her gözlem noktasında 3,4 km yürünmüş ve toplamda 248,2 km yürünerek arazi çalışması tamamlanmış olacaktır (Şekil 3).

Noktaların 10 km aralıklarla yerleştirilmiş olması da arazi ekibine, bunlara herhangi bir araçla ulaşmaya çalışırken çalışma alanının tamamında gözlem yapma şansı verecekti.

Bir genel kültür envanteri yapılacaksa bu yöntemin belirgin bir avantajı geniş bir alanın çok küçük bir kısmında hızlı bir şekilde çalışılmasını sağlamasıdır. Gözlem noktalarının yerlerinin koordinatlarla belirli olması, bunların standart bir şekilde kaydedilmesi ve örneklemin gelecek kuşaklar için de tanımlanabilir olması önemli avantajlardandır. Bu açıdan yöntem yaygın yaya yüzey araştırması ile belirgin bir hız farklılığına sahiptir. Bu yöntemin amacı Paleolitik bulgular bulmaktan çok onları aramaktır; bu arama için de öncelikle Paleolitik buluntuların herhangi bir ön yargı olmaksızın nasıl ve neye göre dağılmakta olduklarının ve bunların yokluklarının nedenleriyle ilgili arazi çalışmasına dayanan veriler üretilmesi gerekmektedir. Buluntu yerleri noktanın üzerinde değilse, onları tespit etmek bu yöntemle mümkün olmayacaktır. Ancak aynı zamanda az sayıda da olsa Paleolitik buluntu yerlerinin tespit edilmesi ile geniş bölgelerin Paleolitik teknolojileri daha hızlı ve deyim yerindeyse “ekonomik” olarak tanımlanabilecektir. Bu yeni yöntemin henüz yeterince hassasiyetle karşılayamadığı önemli bir veri ise jeoarkeolojik verilerin eksikliğidir.

Araştırma esasen yöntemin sınanması için tasarlandığından iki farklı yöntemin uygulanacağı iki araştırma döneminden oluşmaktadır. Buna göre ilk üç yılda yukarıda tanımlanan araştırma yöntemi uygulanacak, son dönemde ise tespit edilmiş, Paleolitik “potansiyeli” yüksek alanlar yaygın yaya yüzey araştırması ile araştırılacaktır.

Deney: Batı Afyonkarahisar Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması

Afyonkarahisar, Türkiye'nin en fazla Paleolitik yüzey araştırmasına sahip ili olduğu 2022 yılına kadar, bu dönem için tam bir bilinmez bölgeydi. 2022 yılı öncesinde bütün ilden rapor edilmiş tek Paleolitik buluntu sadece bir el baltasıydı (Taşkiran & Taşkiran, 2011). Ankara

Üniversitesi'nden Dr. Yavuz Aydın (Aydın vd., 2024; Aydın vd., 2025b) ile birbirimizden habersiz olarak aynı yıl, aynı araştırma konusu ile Afyonkarahisar Paleolitik Çağ yüzey araştırmasına başvurduk. Sonuçta bir ekip doğuyu, diğer ekip de batı ilçelerini çalışma alanı olarak belirledi. Böylelikle bu araştırma yönteminin geçerli olup olmayacağını tespit edebilmek için çok uygun bir ikinci araştırmanın da olması avantaj oldu.

Araştırmanın ilk üç sezonunda Batı Afyonkarahisar Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması ekibi esas olarak noktaların ziyaret edilmesine odaklandı (Tablo 2). Ancak noktalar sistemantik olarak fakat rastgele yerleştirilmiş oldukları için bu noktalar bazen göllerin içine, ulaşılmaz ormanların ortasına veya en yakın yola kilometrelerce uzak dağ başlarına denk geldi. Arazi çalışması öncesinde bu yöntem geliştirilirken tüm noktalara ulaşılabileceği öngörülmüştü. Ancak araştırma için belirlenmiş 73 gözlem noktasının 22'sine hiç ulaşılamadı. Bunlardan 13'ü ile ilgili hiçbir gözlem kaydedilmedi, 9'unda ise ulaşılabilen noktaya en yakın yerde araştırma yapıldı ve bu alanlardaki veriler kaydedildi. Araziye çıkılmadan önce, uydu görüntüleri, haritalar vb. kullanılarak, noktalara ulaşıp ulaşılamayacağını değerlendirme yapılmamıştır. Bunun temel nedeni masa başındaki öngörüye dayanılarak bazı noktalara gidilmekten vazgeçilmemesidir. 22 ulaşılmayan noktanın bulunmasının temel nedeni bu noktalara karayolu aracılığıyla ulaşılabilecek makul bir mesafede yol olmamasıdır.

Tablo 2: Gözlem noktalarına ulaşılma durumu.

Ulaşım Durumu	Sembol	Sayı
Ulaşıldı	✓	51
Yakınına Ulaşıldı	X*	9
Ulaşılamadı	X	13
Toplam Nokta Sayısı		73

Her noktada kelebek şeklini andıran bir GPS izi ile yürünmesi hedeflenmişti. Ancak yüzde yüz alüvyonla dolu, Paleolitik için hiçbir anlamı olmayan düz arazilere denk gelen gözlem noktaları haricinde hiçbir noktada bu şekilde yürümek topografya yüzünden mümkün olmadı. Kısacası kâğıt üstünde ideal bir şekle sahip olan yaygın yaya yüzey araştırması izleri, sadece birkaç yerde uygulanabildi ve bunlar genellikle Paleolitik buluntular için verimsiz yerlerdi.

Gözlem noktalarının anlaşılabilmesi için bir gözlem standardı geliştirilmişti ve bu başta arazinin jeomorfolojik özelliklerini, yüzey görünürlüğünü, arazinin kullanılma durumunu, bitki örtüsünü içermekteydi. Ardından mevcut olan her noktada arkeolojik malzeme tanımlandı ve sayıldı. Belirgin bir şekilde Paleolitik dönemlere ait olmayan taş aletler veya seramikler fotoğraflandıktan sonra arazide bırakıldı. Paleolitik Çağ'a ait olduğu düşünülen veya hangi döneme ait olduğunu arazide anlayamadığımız tüm yontmataş buluntular ise hiçbir tipolojik ayırım yapılmadan araziden toplandı, yıkandı, işaretlendi ve 38 soruluk bir analiz formu yoluyla analiz edildi.

Araştırmanın dördüncü sezonunda ise rastgele sistemantik örneklemin gerçekte Paleolitik bulgular ile ilgili nelerin görmezden gelinmesine sebep olduğunun anlaşılması için ilk üç sezonda uygulanan yöntem bir kenara bırakıldı. Üç sezon boyunca arazide gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilmiş sonuçlara göre Paleolitik buluntuların en fazla tespit edilebileceği düşünülen bir alanda Paleolitik Çağ'dan kalmış, örtülmemiş ve aşınmaya dirençli jeomorfolojik birimlerde yaygın yaya yüzey araştırması gerçekleştirildi. Bu sağlama yönteminin uygulanması için sayıca en fazla Paleolitik Çağ buluntusu tespit edilmiş iki gözlem noktasının (E12 ve G12) arasındaki alan seçildi. Burada yürünerek yüzey araştırması gerçekleştirildi. Ekibi taşıyan araç bir yere bırakıldı, kabaca dairesel bir rota izlenerek araçtan uzaklaşıp ona geri dönüldü. Bu yöntem, eğer araştırma alanı 7.000 kilometrekare değil de 70 kilometrekare olsaydı uygulayacağımız yöntem olacaktı.

Bulgular: Afyonkarahisar Batı İlçelerinde Paleolitik Çağ

Araştırmanın esas hedefi buluntu yerlerini bulmak değil, aramaktı. Ancak ilginç bir şekilde bu araştırma sırasında 26 değişik noktada 900 kadar yontmataş buluntu tespit edildi (Tablo 3). Bir yerde Alt Paleolitik, 10 yerde Orta Paleolitik buluntular tespit edildi. Bunların yanında bir yerde İlk Tunç Çağı veya sonrası, dört yerde Roma Dönemi ve üç yerde de Osmanlı/Cumhuriyet dönemlerine ait arkeolojik bulgular tespit edildi. Bunların hiçbiri büyük bir yerleşim veya höyük gibi bir buluntu yeri değildi, hepsi dağınık buluntulardı.

Tablo 3: Dönemlere göre gözlem noktaları.

Toplam Nokta Sayısı	Dönem	Gözlem Noktaları
1	Alt Paleolitik	D10
10	Orta Paleolitik	E11-1, E12, F08-1, F08-2, F08-3 F12, G12, G13, I10, I13
1	İlk Tunç Çağı veya Sonrası	F07
4	Roma Dönemi	B02, B03, C02, E09
3	Osmanlı/Cumhuriyet	C04, D05, H11
13	Belirsiz Dönem	E10, F04, F05, F10, F11, F13, H09, H11, H12, I07, J09, J10, K10
26	Buluntu Yok	A02, C03, D02, D03, D04, D07, D08, E06, E08, F08, F09, F11, G05, G06, G10, G11, H06, H10, I06, I08, I09, I12, J06, J07, J08, J11
22	Ulaşılamayan Noktalar	B01, B09, C01, D01, D09, D11, E05, E07, E10, E11, F06, F10, G04, G07, G08, G09, H05, H07, H08, I11, K09

Toplamda 22 gözlem noktasına ulaşamadı; bu sayı gözlem noktalarının yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır. Ulaşılan veya yakınlarında çalışılan noktalardan 26'sında hiçbir arkeolojik bulgu tespit edilememiştir.

Araştırmanın sezonlarına göre değerlendirildiğinde en fazla yontmataş buluntuyla 2022 yılında, Merkez, Sinanpaşa ve Şuhut ilçelerinde karşılaşıldı. Burada Şuhut Karaadilli'de mağara sistemleri tespit edilmiş olsa da bunların Paleolitikteki kullanımına dair veri elde edilemedi (Şekil 5; Dinçer vd., 2024). Sandıklı, Hocalar ve Kızılören'deki noktalarda çalışılan 2023 yılında daha az sayıda ama oldukça önemli bulgularla karşılaşıldı. Çünkü bu arazi çalışması sırasında hedeflenen noktaların dışında da çalışıldı. Ayrıca 2023 yılında Sandıklı'da daha önceden tespit edilmiş fosil buluntu yerlerinin ziyaret edilmesi sırasında gözlem noktasında olmayan üç Paleolitik buluntu yeri rastlantısal olarak tespit edildi (F08-1, 2 ve 3). Ayrıca Sinanpaşa, Çayhisar'da da şans eseri Paleolitik buluntular tespit edildi (E11-1) (Dinçer vd., 2025). 2024 yılında Dinar, Dazkırı, Başmakçı ve Evciler ilçelerinde çalışıldı ancak bu sezonda hiçbir Paleolitik buluntuyla karşılaşılmadı. Bunun sebebi gözlem noktalarının uygun olmayacak yerlere (ovaların alüvyal yerleri veya yüksek eğimli aşınmış alanlara) denk gelmesidir. 2025 yılındaki çalışmada ise araştırma yönteminden dolayı az sayıda yontmataş buluntu tespit edilebildi.

11 buluntu yerinde karşılaşılmış buluntular (Şekil 7) genel olarak değerlendirildiğinde Afyonkarahisar'da şimdilik iki Paleolitik dönemin olduğunu söylemek mümkündür. Bunlar başka yerlerde yayımlanmış (Dinçer vd., 2024; Dinçer vd., 2025) veya yakında yayımlanacak olduklarından dolayı burada buluntu yerleri hakkında ayrıntılara yer verilmeyecektir. Sadece buluntular hakkında genel değerlendirmeler yapılacaktır.

Batı Afyonkarahisar'da tekno-tipolojik olarak Alt Paleolitik döneme tarihlenebilecek sadece bir buluntu yeri bulunmaktadır. Bu buluntu yeri ulaşamayan D10 noktasına yakın yerdedir. Burası kuvars, kuvarsit ve çakmaktaşı hammaddelerinin yerel olarak bulunduğu bir alandır. Genel olarak değerlendirildiğinde tipik bir Orta-Geç Acheul teknolojisinin olduğundan söz edilebilir. İki yüzeyliler genellikle kuvarsitten yapılmış, sert vurgaçla şekillendirilmiştir. İki yüzeylilerin bazıları yerde sabit duran çekirdeklere büyük vurgaçlarla vurularak elde edilen iri yongalardan yapılmıştır (Şekil 6). Satır ve kıyıcılar da mevcuttur ve bunların yapımında ise kuvars hammadde tercih edilmiştir. Buluntular içinde nacaklar bulunmamıştır. Bu durum Orta-Geç Acheul teknolojisiyle uyumludur. Buluntular içinde alet yapımının burada gerçekleştirilmiş olduğunu kanıtlayan çekirdekler de bulunur. Çekirdeklerden elde edilmiş bazı taşımalarının düzeltilerek kullanıma hazır hale getirilmiş olması ise buranın işlevinin sadece alet üretimiyle sınırlı olmadığını, üretilmiş aletlerin burada kullanılmış olduğunu da göstermektedir. İki yüzeyliler açısından Denizli'den bilinen iki yüzeyli teknolojileri (Özçelik & Bulut, 2021) ile yakın bir teknolojik benzerlik olduğu söylenebilir.

Batı Afyonkarahisar'da Orta Paleolitik döneme ait bulgular tüm Batı Anadolu'da olduğu gibi çok daha yaygın, fazla sayıda ve çeşitlidir. Buluntular içinde Levallois tekniği ile yapılmış olanların bulunması bu tarihlemeye temel etkindir. Ayrıca, yonga ve düzeltili yongaların baskınlığı da Orta Paleolitik teknolojilerinin temel karakteristik özelliğidir. Levallois tekniğinin çeşitli yöntemlerle (merkezci, tekrarlayan, tek yönlü vb.) uygulanmış olduğu tespit edilse de özellikle uç teknolojilerinin eksikliği vurgulanmalıdır.

Batı Afyonkarahisar'da Orta Paleolitik teknolojiler tek bir sebepten ötürü farklılaşmaktadır izlenimi vermektedir: uygun hammadde kaynakları. Özellikle kuzeyde, Sinanpaşa ilçesinde kaliteli birincil çakmaktaşı kaynakları mevcuttur ve bunların olduğu E12 gibi buluntu yerlerinde Levallois teknolojisinin daha baskın olduğu, bunun daha çeşitli yöntemlerle uygulandığı gözlemlenebilmektedir. Yine kuzeyde Merkez ilçedeki G12 numaralı buluntu yerinde ise hammadde birincil olsa da yapısal olarak gren ve porozite içermektedir. Burada Levallois tekniğinin kullanımı azdır. Hammadde bol olsa da kalite açısından istenilebilecek düzeyde olmamasından dolayı birçok çekirdek birkaç yonga çıkarıldıktan sonra terk edilmiştir. Bazı çekirdeklerin alet gibi kullanılmış olması söz konusudur.

Bölgenin ortasında, Şuhut ilçesi ile Merkez ilçe sınırlarına yakın konumdaki I10'da ise daha çok çekirdekler bulunur. Köşeli birincil nitelikte hammaddeler kullanılarak yapılmış satır ve kıyıcıların varlığı burada Paleolitik boyunca çoğunlukla çaytaşları kullanılarak yapılmış bu alet türlerinin ısrarlı bir şekilde elde edilmek istendiğini göstermektedir. 2022 yılında tespit edilmiş I10 numaralı bu buluntu yerinde kozmojenik nükleid yöntemiyle bir tarihleme yapılmış ve buluntuların 119.600 ± 17.900 'den daha eski olamayacağı açığa çıkarılmıştır (Dinçer vd., 2025). Burası Kütahya Kureyşler'den sonra (Dinçer vd., 2020) Batı Anadolu'da doğrudan tarih bilgisi sağlayan ikinci buluntu yeridir.

Çalışma alanının güneyinde, Sandıklı ilçesinde tespit edilen F08-1, 2 ve 3 numaralı Selçik ve Kargın buluntu yerlerinde de hammaddenin aletleri belirlediği gözlemlenmiştir. Burada bazalt çaytaşı ve birincil çakmaktaşı kaynakları mevcuttur. Hammadde kalitesi genellikle düşüktür. Çakmaktaşıları yassı, kalın ve köşeli biçimlerde. Levallois tekniği tüm standartlarıyla uygulanmamış olduğu için çekirdeklerden bir kısmı para-Levallois çekirdekler olarak tanımlanmıştır. Az sayıda Levallois çekirdek de mevcuttur. Küresel çekirdekler diğer yerlerdeki Orta Paleolitik buluntu yerlerine göre bu teknolojiye temel farklılıktır. Burada da köşeli hammaddelerden yapılmış satır ve kıyıcılar bulunur.

H09 numaralı buluntu yerinde ise çok sayıda yontmataş buluntu tespit edilmiş olsa da bunların hangi döneme ait olduğu tespit edilememiştir.

Afyonkarahisar'ın batısında Orta Paleolitik genel olarak değerlendirildiğinde, teknolojilerin Uşak'ta yer alan Sürmecik'ten (Karahan, 2020; Taşkiran vd., 2021) farklı olduğu söylenebilir. Bu

durum kronolojik bir farklılığı da yansıtıyor olabilir. Ayrıca bölgeler arasında en az Kütahya'da tanımlandığı kadar (Dinçer, 2017) farklı teknolojik eğilimlerin olduğu söylenebilir.

2025 yılındaki yaygın yaya yüzey araştırması ise çok az sayıda Paleolitik buluntunun tespit edilmesini sağladı. İlginç olan bunların daha önce çok az sayıda tespit edilmiş olan Alt Paleolitik satır ve kıyıcılar olmasıydı. Ayrıca yaygın yaya yüzey araştırması ile tekil halde bir adet baskı tekniği ile yapılmış Neolitik döneme ait obsidiyen dilgi parçası tespit edilmiştir. Mikroskopik gözleme göre bu obsidiyen İç Anadolu, olasılıkla Nenezi Dağı kökenlidir. Bunların dışında rastgele sistemantik örnekleme ile tespit edilmiş diğer buluntular genel çerçevenin dışında özelliklere sahip değildir.

Sınama/Sağlama: Doğu Afyonkarahisar Paleolitik Araştırmaları

Afyonkarahisar'da iki farklı ekip tarafından iki farklı yöntemle yüzey araştırması yapılması bölgenin araştırılması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca bu durum Batı Afyonkarahisar'da uygulanan rastgele sistemantik örnekleme yönteminin arkeolojik bulgular açısından sınanması için de objektif bir ortam sağlamaktadır. İki yüzey araştırmasının 2022-2025 yıllarında gerçekleştirilmiş olması da önemlidir.

Araştırma, bölge haritalarında büyük su ve hammadde kaynaklarının olduğu yerlerin tespiti ve bunların öncelikli araştırma alanı olarak belirlenmesiyle buralarda yaygın yaya yüzey araştırması yapılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmada bir tanesi Roma dönemine ait olan toplam 29 buluntu yeri tespit edilmiştir. Bunların tamamı kaliteli hammadde kaynakları ile ilişkilidir. Ayrıca Paleolitik Çağ'a ait göl havzaları kıyılarından çok dağlık alanların daha fazla Paleolitik bulgu barındırdığı ortaya çıkarılmıştır. Batı Afyonkarahisar'da da olduğu gibi Alt ve Orta Paleolitik buluntu yerleri belirgin şekilde baskındır. Batıdakinden farklı olarak Doğu Afyonkarahisar'da daha fazla sayıda Alt Paleolitik buluntu yeri tespit edilmiştir. Ayrıca burada birer buluntu yerinde Epipaleolitik ve Üst Paleolitik buluntular da ortaya çıkarılmıştır. Ancak buluntu yerlerinden herhangi birinin işlevi hakkında bilgi edinilememiştir (Aydın vd., 2025a).

Genel olarak bakıldığında Doğu Afyonkarahisar'da Paleolitik Çağ'ın tüm dönemleri tespit edilmiş ve Alt-Orta Paleolitik buluntular çok daha fazla sayıda buluntu yeri ile temsil edilmiştir. Alt Paleolitik dönem buluntuları satır ve kıyıcılarla, Acheul tipi iki yüzeylemlerle ve Batı Afyonkarahisar'da bulunmayan nacaklarla temsil edilmektedir. Orta Paleolitik dönem ise Levallois teknolojisi ile tanımlanmaktadır. Tüm Türkiye'de büyük bir eksiklik olan Üst Paleolitik teknoloji ise dilgi, dilgicikler ile prizmatik ve piramidal çekirdeklerle tanımlanmaktadır. Doğu Afyonkarahisar'da 2025 yılında gerçekleştirilen çalışmalar henüz yayımlanmamıştır (Aydın vd., 2025a).

Sonuçlar

Paleolitik Çağ arkeolojisinin ve paleoantropolojinin henüz emekleme aşamasında olduğu Türkiye gibi ülkelerde bazen hızlı veri üretimi gerekli olabilir. Batı Afyonkarahisar Paleolitik Çağ Yüzeysel Araştırması'nda denenmiş olan, esasen rastgele sistemantik örneklemin gözlemlenmesine dayanan bu yöntemin eksiklikleri, geliştirilebilecek yönleri ve avantajları bulunmaktadır.

Yöntemin en önemli avantajı, arazi çalışması öncesi fazla bir şey yapılmasına gerek olmamasıdır. Bölgenin jeomorfolojisi, jeolojisi araştırılmamış olsa da yüzeysel araştırmacıları coğrafya hakkında hiçbir şey bilmiyor olsalar bile, bu yöntemle rastgele olarak belirlenmiş noktalara giderek gözlem yapılabilir. Ayrıca yöntemin en büyük avantajı ölçeğinin değişebilir olmasıdır. Noktaların arası, örneğin Afyonkarahisar araştırılacaksa 10 km olarak belirlenebilir; bu aralığı bir ilçede 2 km olarak, küçük bir vadide 50 metre olarak belirleyebilmek yöntemin en büyük avantajıdır.

Yöntem herhangi bir alanı hedeflemediği için objektif bir "yokluk" haritası çıkarılmasında işe yarayabilir. Hep pozitif kanıtların olduğu ve yayımlandığı bir ülkede Paleolitik bulunmayan alanların araştırılması da gelecekte bu bilim dalının gelişmesine katkı sağlayabilir.

Yöntemin en büyük geliştirilebilir yönü, noktaların neredeyse üçte birine ulaşamamış olmasıdır. Bu, karada giden motorlu araçların kullanımından kaynaklanmıştır. İleride bu sorun çözülebilir. Yöntemin en önemli dezavantajı, ilk geliştirilmiş yürüme planının çok az uygulanabilmiş olmasıdır. Bu da yürüyüş güzergahlarının standardize olmasına engel olmaktadır. Örneğin arazi yapısına göre değişebilen güzergahlar tasarlanmış olsaydı çok daha iyi olabilirdi.

Doğu Afyonkarahisar'da aynı sürede gerçekleştirilmiş yüzeysel araştırması Paleolitik açısından verimli olabileceği düşünülen alanlara yönelip daha fazla sayıda buluntu yeri ortaya çıkarılmasını sağlamıştır. Ancak Batı Afyonkarahisar'da daha az sayıda buluntu yeri saptanmış olmasına karşın, temsil edilen alan kilometrekare olarak daha fazladır. Sistemantik rastlantısallık sonucunda 11 Paleolitik buluntu yeri tespit edilmiş olması da özellikle vurgulanması gereken bir durumdur. Hiçbir coğrafi özelliğe yönelmeden bu kadar yüksek sayıda Paleolitik Çağ buluntu yeri tespit edilebilmiştir. Ancak 2025 yılında potansiyeli en fazla olan alanda yaygın yüzeysel araştırması yapılması daha fazla buluntu tespit edilmesine yol açamamıştır. Tüm Türkiye'de bu yöntem uygulanarak araştırma yapılır ise, Paleolitik buluntuların coğrafi çeşitliliği hakkında standart ve işlenebilir bir veri ortaya çıkarılabilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, 11'i Paleolitik Çağ'a ait olmak üzere toplam 25 noktada arkeolojik buluntularla karşılaşılmıştır. Bu durum, yöntemin yalnızca Paleolitik buluntuların tespiti için değil, farklı dönemlere ait arkeolojik verilerin önyargısız biçimde belgelenmesi açısından da işlevsel olduğunu göstermektedir. Böylelikle, araştırma ön kabulleri nedeniyle çoğu zaman göz ardı edilen alanlar da sistemantik biçimde araştırma kapsamına alınabilmiştir. Bununla birlikte, alüvyon ovasında konumlanan K10 noktasında tespit edilen iki adet yontmataş buluntu,

yöntemin potansiyelinden ziyade sınırlarını görünür kılan bir örnek olarak değerlendirilmelidir. Stratigrafik bağlamdan yoksun ve çok büyük ihtimalle ikincil arkeolojik konumda bulunan bu buluntuların hangi jeoarkeolojik süreçlerle biriktiği ya da hangi dönemlere ait olduğu güvenilir biçimde belirlenememektedir. Bu nedenle K10, Paleolitik arkeologların genellikle araştırma kapsamı dışında bıraktıkları alanlarda elde edilen verilerin, yöntemsel olarak dikkatle ele alınması gerektiğini, rastgele sistemantik örneklemenin tek başına kronolojik veya yerleşimsel yorumlar üretmekten ziyade bu tür belirsizlikleri de açığa çıkaran bir yaklaşım sunduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada elde edilen pozitif bulgular, rastgele sistemantik örnekleme yaklaşımının potansiyelini ortaya koyar. Ancak yöntemin sınırları esasen negatif sonuçlarda tespit edilebilir. Ulaşılamayan 22 gözlem noktası vardır (Tablo 2). Bunların yanında herhangi bir arkeolojik veri tespit edilememiş noktalar da bulunmaktadır. Bunlar yöntemin “başarısızlığı” olarak değil, arazi erişilebilirliği, yüzey görünürlüğü ve örnekleme yoğunluğu gibi değişkenlerin araştırma sonuçlarını nasıl etkilediğini gösteren çıktılardır. Bu yönüyle yokluk verisi ve sınırlı buluntu içeren alanlar, yöntemin değerlendirilmesinde en az, çok sayıda Paleolitik buluntunun tespit edilmiş olduğu yerler kadar önemli ve anlamlıdır.

Yöntem, Batı Afyonkarahisar’da Alt ve Orta Paleolitik teknolojilerin genel karakterinin ayrıntılı olarak ortaya çıkarılmasını sağlamıştır. Araştırma bu yöntemle sadece Paleolitik buluntuların açığa çıkarılıp çıkarılmayacağını ortaya koymamış, Afyonkarahisar için Alt ve Orta Paleolitik teknolojilerin genel karakterinin anlaşılmasını da sağlamıştır. Alt Paleolitik Acheul teknolojisi, Orta Paleolitik buluntuların hammaddeye bağlı değişik karakteristik özelliklerde olmaları gibi bulgular ulaşılmış önemli sonuçlardır. Buluntular sadece genel olarak tanımlanmamış, ayrıntılı olarak tanımlanmış, birbirleri ile olan benzerlik ve farklılıkları anlaşılmuştur. Ayrıca bir buluntu yeri (I10) arkeometrik olarak tarihlenebilmiştir ve bu da bölge kronolojisi açısından çok önemlidir.

Yöntemin geliştirilebilecek yanları olsa da rastgele sistemantik örneklemin Paleolitik yüzey araştırmalarında kullanılması hızlı ve coğrafi olarak kapsayıcı bir envanter çıkarılmasını sağlamaktadır. Bu çalışma ile ilgili elde edilmiş veriler gelecekte uygunluk, bulunabilirlik ve jeomorfolojik bağlamların anlaşılması açısından standart veri üretimiyle ilgili bir potansiyel de taşımaktadır.

Teşekkürler

Bu araştırmaya katkılarından dolayı ekip arkadaşlarım Doç. Dr. Serkan Şahin, Dr. Göknur Karahan’a, Bakanlık yetkili uzmanı olarak görev yapan Cemil Dumanlıoğlu, Fatih İşleyen, Sıla Can Kırçın ve Yavuz Özdemir’e, araştırmaya katılan öğrenciler Elif Çağla Doğu, Ayça Kuvvetli, Büşra Kılıçtaş, Sude Nur Dilmen ve Aysun Taştoka’ya teşekkür ederim. Bu araştırma 2022 yılında Türk Tarih Kurumu tarafından desteklenmiştir. Doğu Afyonkarahisar’da örnek bir

çalışma yürüten, bulgularını, sonuçlarını benimle gerçek bir meslektaş dayanışmasıyla paylaşan Dr. Yavuz Aydın'a ve ekibine müteşekkirim.

Batı Afyonkarahisar Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması sırasında üretilmiş tüm veriler açık olarak web sitemizde yayımlanmaktadır: <https://avesis.istanbul.edu.tr/arastirma-grubu/bafpal>

Kaynakça

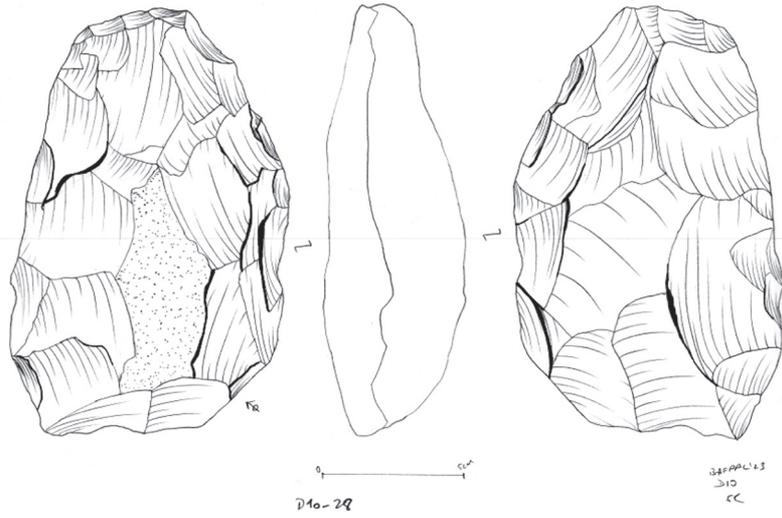
- Arsebük, G. (1998). A Review of the Current Status of Pleistocene Archaeology in Turkey. In G. Arsebük, M. Mellink, W. Schirmer (Eds.), *Light on Top of the Black Hill. Studies Presented to Halet Çambel* (pp. 71-76), Ege Yayınları.
- Aydın, Y., Taşkiran, H., Erbil, E., Sarioğlu, K. E., & Özturan, M. (2024). Afyonkarahisar Doğu İlçeleri Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması (2022). *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 39(3), 517-531.
- Aydın, Y., Erbil, E., Taşkiran, H., Sarioğlu, E. K., Özturan, M., & Sevindik, Y. E. (2025a). Doğu Afyonkarahisar Paleolitik Araştırmaları. *Tarih Araştırmaları Dergisi*, 44(79), 157-179.
- Aydın, Y., Taşkiran, H., Erbil, E., Sarioğlu, E. K., & Sevindik, Y. E. (2025b). Afyonkarahisar Doğu İlçeleri Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması (2023). *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 40(3), 425-440.
- Baykara, İ., Dinçer, B., Şahin, S., Ünal, E., Kuvanç, R., Gülseven, B., & Birol, Ö. (2018). Van İli Neojen ve Pleistosen Dönemleri Yüzey Araştırması 2016. *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 35(2), 27-41.
- Baykara, İ., Dinçer, B., & Şahin, S. (2019). Gürgürbaba Tepesi: Alt ve Orta Paleolitik Dönem Buluntu Yerleri, Erciş-Van. *Anadolu Araştırmaları 2018*, 21, 76-104.
- Benedict, P. (1980). Güneydoğu Anadolu Yüzey Araştırması (Survey Work in Southeastern Anatolia). İçinde H. Çambel & R. J. Braidwood (Eds.), *Güneydoğu Anadolu Tarihöncesi Araştırmaları* (s.107-191). İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Bulut, H., Taşkiran, H., Özçelik, K., & Karahan, G. (2023). Çanakkale-Balıkesir Kıyı Şeridi Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması (ÇEBYA) 2021 Yılı: İlk Sezon Çalışmaları ve Değerlendirmeleri. *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 38(2), 197-210.
- Çilingiroğlu, Ç., Dinçer, B., Uhri, A., Gürbıyık, C., Baykara, İ., & Çakırlar, C. (2016). New Palaeolithic and Mesolithic sites in the eastern Aegean: the Karaburun Archaeological Survey Project. *Antiquity*, 90(353), 1-6. <https://doi.org/10.15184/aqy.2016.168>
- Çilingiroğlu, Ç., Uhri, A., Dinçer, B., Baykara, İ., Çakırlar, C., Turan, D., Dinçerler, E., & Sezgin, E. (2018). Kömür Burnu: İzmir-Karaburun'da Çok Dönemli Bir Prehistorik Buluntu Alanı. *Ege Üniversitesi Arkeoloji Dergisi*, 23, 65-90.
- Díaz-Rodríguez, M., Fábregas-Valcarce, R., & Pérez-Alberti, A. (2023). A predictive model for Palaeolithic sites: A case study of Monforte de Lemos basin, NW Iberian Peninsula. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 49, 104012. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.104012>
- Dinçer, B. (2010). Bursa ve Çevresi Yüzey Araştırmaları 2008-2009 Tarihöncesi Buluntuları. *Arkeoloji ve Sanat*, 134, 1-16.
- Dinçer, B. (2017). Kütahya'da Paleolitik Çağ (Kuzeybatı Anadolu). *Kütahya Müzesi 2016 Yıllığı* 4, 267-282.
- Dinçer, B. (2019). Türkiye'de Paleolitik Çağ Arkeolojisinin Geleceği. *Arkeoloji ve Sanat*, 158, 1-22.

- Dinçer, B. (2022). Geniş Bölgelerde Paleolitik Çağ Yüzey Araştırmaları İçin Yöntem Önerisi. *Türkiye Arkeoloji Araştırmaları Webinarı 4*. (<https://www.youtube.com/watch?v=8DW3EqTR2rw>).
- Dinçer, B., & Karahan, G. (2020). Seyitömer Höyük 2019 Yılı Paleolitik Çağ Araştırmaları. İçinde S. Ünan (Ed.), *Kütahya Müzesi 2019 Yıllığı Kütahya Arkeoloji, Sanat Tarihi ve Tarih Araştırmaları VII* (s.112-138). Bilgin Kültür Sanat Yayınları.
- Dinçer, B., Kelpetin, Z., Birol, Ö., & Aktaş, N. (2020). Kureyşler Baraj Gölü Havzası Paleolitik Araştırmaları 2015-2016. İçinde S. Ünan (Ed.), *Kütahya Kureyşler Barajı Kurtarma Kazıları 2015-2016* (s.1-58). Bilgin Kültür Sanat Yayınları.
- Dinçer, B., Yılmaz, Y., Karahan, G., Polat, M., Kelpetin, Z., Öncel, K., & Özbudak, M. O. (2021). Tunceli İli Paleolitik Çağ Araştırmaları. *Ege Üniversitesi Arkeoloji Dergisi*, 27, 1-20. <https://doi.org/10.51493/egearkeoloji.900590>
- Dinçer, B., Şahin, S., & Karahan, G. (2023). West Afyonkarahisar (Turkey) Palaeolithic Survey 2022 Field Methods and First Results. *Anatolia Antiqua*, 31, 243-259. <https://doi.org/10.4000/12dd9>
- Dinçer, B., Şahin, S., Karahan, G., & Dumanlıoğlu, C. (2024). Batı Afyonkarahisar Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması – 2022 (Merkez, Şuhut, Sinanpaşa İlçeleri), *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 39(1), 313-329.
- Dinçer, B., Şahin, S., Karahan, G., & İşleyen, F. (2025). Batı Afyonkarahisar Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması 2023 (Sandıklı, Hocalar, Kızılören İlçeleri). *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 40(1), 187-202.
- Erbil, E. (2018). Sakarya İli Paleolitiği. *Anadolu Prehistorya Araştırmaları Dergisi*, 4, 37-58.
- Fındık, B., Mayda, S., Demirel, F. A., & Parmak, R. C. (2022). Burdur Paleolitik Çağ Yüzey Araştırması-2021. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 35, 32-49. <https://doi.org/10.20875/makusobed.1097129>
- Given, M., Knapp, A. B., Meyer, N., Gregory, T. E., Kassianidou, V., Stratton Noller, J., Wells, L., Urwin, N., & Wright, H. (1999). The Sydney Cyprus Survey Project: An Interdisciplinary Investigation of Long-Term Change in the North Central Troodos, Cyprus. *Journal of Field Archaeology*, 26(1), 19-39. <https://doi.org/10.2307/530620>
- Kantman, S. (1969). Trakya ve Marmara Kıyı Bölgesi Paleolitik Yerleşme Yerleri Araştırma Plânlaması. İçinde A. Dinçol & S. Kantman (Eds.), *Anadolu Araştırmaları III (Özel Sayı: Analitik Arkeoloji – Denemeler)*, (s.37-43). İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınevi.
- Karahan, G. (2020). Batı Anadolu'da Levallois Tekniği: Sürmecik Paleolitik Açık Hava Yerleşimi Üzerinden Bir Değerlendirme. *Anadolu*, 46, 293-322. <https://doi.org/10.36891/anatolia.735691>
- Kartal, G., Kartal, M., & Erbil, E. (2021). Eskişehir İli Tarih Öncesi Arkeolojisi Yüzey Araştırması I, (2017). *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 36(3), 1-16.
- Kiraz, M. (2025). *Paleolitik Çağ buluntu yerlerinin tespitinde coğrafi bilgiden yararlanma: Edremit Körfezi örneği* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi.
- Kodaş, E. (2025). Mardin İli Artuklu, Kızıltepe, Yeşilli ve Nusaybin İlçeleri Pleistosen ve Erken Holosen Dönem Arkeolojik Yüzey Araştırmaları. *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 40(1), 351-362.
- Koparal, E. (2018). Arkeolojide Yüzey Araştırmaları: Yöntem, Tarihçe ve Uygulama. İçinde S. Ünlüsoy, C. Çakırlar & Ç. Çilingiroğlu (Eds.), *Arkeolojide Temel Yöntemler* (s.109-158). Ege Yayınları.
- Kuhn, S. L. (2002). Paleolithic archaeology in Turkey. *Evolutionary Anthropology*, 11(5), 198-210. <https://doi.org/10.1002/evan.10033>

- Kuhn, S. L., Dinçer, B., Balkan-Atlı, N., & Erturaç, M. K. (2015). Paleolithic occupations of the Göllü Dag, Central Anatolia, Turkey. *Journal of Field Archaeology*, 40(5), 581-602. <https://doi.org/10.1179/2042458215Y.0000000020>
- Minzoni-Déroche, A. (1987). *Le Paléolithique du bassin du Nizip*. IFEA.
- Özçelik, K., & Bulut, H. (2021). Denizli'de (Ege Bölgesi) İki Yüzeyle Alet Geleneği: Tekno-Tipolojik Analizlerle Sınırlı Çalışmaların Kronolojik Sorunların Çözümündeki Yetersizliği. *Colloquium Anatomicum*, 20, 163-182.
- Özçelik, K., Vialet, A., & Bulut, H. (2017). Denizli İli Prehistorik Dönem Yüzeyle Araştırması, 2015. *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 34(1), 505-524.
- Özer, İ., Sağır, M., Baykara, İ., Dinçer, B., Koca Özer, B., Şahin, S., Eren, E., & Özdemir, A. (2018). Çanakkale İlinde Paleolitik Dönem İnsan İzleri. *DTCF Dergisi*, 58(1), 99-116.
- Roosevelt, C. H., Dinçer, B., Luke, C. & Çilingiroğlu, Ç. (2019). A Lower Paleolithic Assemblage from Western Anatolia: The Lithics from Bozyer. *Quaternary International*, 522, 66-84. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.05.016>
- Sağır, M., Özer, İ., Baykara, İ., Şahin, S., Eren Kural, E., Özdemir Başaran, A., & Yaşar, B. (2020). 2018 Yılı Ankara İli ve İlçeleri Yüzeyle Araştırması. *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 37(2), 499-510.
- Sanlaville, P. (Ed.) (1979). *Quaternaire et Préhistoire de Nahr el Kébir septentrional*. Éditions du CNRS.
- Şahin, S. (2020). 2019 Yılı Malatya İli Yüzeyle Araştırması. *Aras Türkiye Eski Yakın Doğu Araştırmaları Dergisi*, 2, 6-18.
- Taşkıran, H. & Kartal, M. (2001). 1999 Yılı Karkamış Baraj Gölü Alanı Paleolitik Çağ Yüzeyle Araştırması. İçinde N. Tuna, J. Öztürk & J. Velibeyoğlu (Eds.), *Ilisu ve Karkamış Baraj Gölleri Altında Kalacak Arkeolojik Kültür Varlıklarını Kurtarma Projesi 1999 Yılı Çalışmaları* (s.487-528). ODTÜ TAÇDAM.
- Taşkıran, H. & Taşkıran, Z. F. (2011). İki Yüzeyle Aletlerin Anadolu'daki Dağılımında Yeni Bir Nokta: Afyonkarahisar. İçinde H. Taşkıran, M. Kartal, K. Özçelik, M. B. Kösem & G. Kartal (Eds.), *Işın Yalçinkaya'ya Armağan* (s.235-244). Bilgin Kültür Sanat Yayınları.
- Taşkıran, H., Aydın, Y., Özçelik, K., & Erbil, E. (2021). A new discovery of Neanderthal settlements in Turkey: Sürmecik open-air campsite in Western Anatolia. *L'Anthropologie*, 125(1), 102838. <https://doi.org/10.1016/j.anthro.2021.102838>
- Tsakanikou, P., Kübler, S., & Galanidou, N. (2025). Trans-Aegean Dispersal and Occupation Potential as Reflected in Predictive Modelling for the Early and Middle Pleistocene. *Journal of Eastern Mediterranean Archaeology and Heritage Studies* 13(1-2), 60-84. <https://doi.org/10.5325/jeasmedarcherstu.13.1-2.0060>
- Yaman, İ. D. (2020). Aksaray İli ve Çevresinde En Eski Yaşam İzleri: Paleolitik Çağ. *Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi (TÜBA-AR)*, 26, 12-25. <https://doi.org/10.22520/tubaar.2020.26.001>



Şekil 5: I06, Karaadilli bölgesinden bir mağara



Şekil 6: D10'dan iki yüzeyli (Çizim: Göknur Karahan)



Şekil 7: Paleolitik buluntu yerlerinin tespit edildiđi noktalar

Digitalizing Materialities: Integrating 3D Documentation at Tall Ya'moun and Tall al-Assara

Marta Lorenzon^a, Paula Gheorghiad^b, Samuel Reinikainen^c
Tia Sager^d, Hussein Al-Sababha^e, Maher Tarboush^f
Antti Lahelma^g

Abstract

The increasing accessibility of 3D modelling technologies has significantly expanded digital documentation practices in archaeology, ranging from consumer-grade applications to professional photogrammetric workflows. This paper presents a comparative methodological case study based on archaeological material from Tall Ya'moun and Tall al-Assara in northern Jordan. It outlines and evaluates two approaches for producing 3D models of small- to medium-sized cultural heritage objects: (1) mobile LiDAR-based scanning with an iPad Pro using the Polycam application; and (2) traditional DSLR-based photogrammetry using professional software. The comparison focuses on workflow performance, including data acquisition,

-
- a Academy Research Fellow, Docent, Department of Cultures, University of Helsinki, Finland.
marta.lorenzon@helsinki.fi ; <https://orcid.org/0000-0003-4747-5241>
- b Postdoctoral Researcher, Social Resilience Lab, Aarhus University, Denmark.
p.gh@cas.au.dk ; <https://orcid.org/0000-0003-2335-2036>
- c PhD Researcher, Centre of Excellence in Ancient Near Eastern Empires, University of Helsinki, Finland.
samuel.reinikainen@helsinki.fi ; <https://orcid.org/0009-0005-5747-6055>
- d Senior Research Associate, Collaborative Digital Research Space, University of Toronto Mississauga, Canada. tia.sager@utoronto.ca ; <https://orcid.org/0009-0005-6947-4305>
- e Assist. Prof., Faculty of Archaeology and Anthropology, Yarmouk University, Jordan.
sababha@yu.edu.jo ; <https://orcid.org/0000-0003-3196-4278>
- f Assoc. Prof., Faculty of Archaeology and Anthropology, Yarmouk University, Jordan.
m.tarboush@yu.edu.jo ; <https://orcid.org/0000-0001-9426-9059>
- g Docent, University Lecturer, Department of Cultures, University of Helsinki, Finland.
antti.lahelma@helsinki.fi ; <https://orcid.org/0000-0003-3879-4195>

Makale gönderim tarihi: 17 Kasım 2025; Makale kabul tarihi: 8 Şubat 2026

processing requirements, visual quality, and accessibility, rather than providing an independent metric accuracy assessment. The findings show that although photogrammetry has higher geometric resolution and image quality suitable for detailed analysis, the iPad/LiDAR system has great advantages in terms of speed, usability, and portability. Such attributes make mobile scanning ideal for rapid documentation, visualization, and outreach purposes where sub-millimetric accuracy is not necessary.

Keywords: Digital archaeology, Mobile LiDAR, 3D modelling, Cultural heritage objects, Archaeological methodology

Özet

Üç boyutlu (3B) modelleme teknolojilerine erişimin artması, arkeolojide dijital belgeleme uygulamalarını tüketici düzeyindeki uygulamalardan profesyonel fotogrametri iş akışlarına kadar geniş bir yelpazede yaygınlaştırmıştır. Bu makale, Kuzey Ürdün'de yer alan Tall Ya'moun ve Tall al-Assara'dan elde edilen arkeolojik malzeme üzerinden yürütülen karşılaştırmalı ve yöntemsel bir vaka çalışması sunmaktadır. Çalışmada, küçük ve orta ölçekli küçük buluntuların 3B modellerinin üretilmesine yönelik iki farklı yaklaşım tanımlanmakta ve değerlendirilmektedir: (1) Polycam uygulaması kullanılarak iPad Pro ile gerçekleştirilen mobil LiDAR tabanlı tarama ve (2) profesyonel yazılımlar kullanılarak yapılan geleneksel DSLR tabanlı fotogrametri. Karşılaştırma, bağımsız bir metrik doğruluk değerlendirmesi sunmaktan ziyade, veri toplama süreci, işleme gereksinimleri, görsel kalite ve erişilebilirlik gibi iş akışı performansına odaklanmaktadır. Sonuçlar, fotogrametrinin ayrıntılı analizler için uygun, daha yüksek geometrik çözünürlük ve görüntü kalitesi sunduğunu, buna karşılık iPad/LiDAR sisteminin hız, kullanım kolaylığı ve taşınabilirlik açısından önemli avantajlara sahip olduğunu göstermektedir. Bu özellikler, mobil tarama yöntemini milimetrik doğruluğun gerekli olmadığı durumlarda hızlı belgeleme, görselleştirme ve kamusal erişim (outreach) amaçları için uygun kılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Dijital arkeoloji, Mobil LiDAR, 3B modelleme, buluntu, arkeolojide yöntem

Introduction

Recent developments in digital technology have enriched the archaeological documentation process, allowing for the recording, preservation, and sharing of data in a more accurate and accessible manner (Lorenzon et al., 2022; Lorenzon, 2025). Such an application was integrated by the TYRAS project, a joint Finnish-Jordanian collaboration between Yarmouk University and the University of Helsinki. This project focused on the archaeological study and digitalization of recovered material from the sites of Tall Ya'moun and Tall al-Assara excavated during the 2022 campaign. Both sites are important, multi-period stratified sites located in northern Jordan, occupied from the Bronze Age into later historical periods (e.g. Ottoman period). Due to their occupational histories, complexity, and well-preserved material assemblages, these sites are suitable for testing and evaluating different digital documentation workflows in both active

field and post-excavation settings. The primary aim of the project was to develop efficient, cost-effective, and high-quality digital documentation of material culture that can be applied both in the field and in post-excavation settings.

In recent years, improvements in hardware miniaturization, computational photography, and automated 3D reconstruction have helped expand three-dimensional documentation beyond the laboratory setting, allowing a wider range of practitioners to engage with 3D recording. This has been referred to as the “democratization” of 3D modelling; however, this is not a straightforward process. While this technology makes it easier for individuals to engage in 3D modelling, it also makes us beholden to specific hardware and software systems, raising questions about method and ethics in digital archaeology (Richards-Rissetto, 2022; Potter et al., 2025).

Three-dimensional modelling has become an integral part of archaeological, architectural, and heritage studies, through a variety of established and emerging technical methods. The basic method behind all attempts at three-dimensional modelling is photogrammetry, a technique for generating measurements and models from photographs. Structure-from-Motion (SfM) algorithms automatically compute 3D structures from overlapping 2D imagery, yielding dense point clouds and textured meshes (Jones & Church, 2020). More recently, the inclusion of active sensors such as LiDAR on consumer mobile devices such as the iPhone and iPad Pro has opened a new, accessible paradigm for 3D data capture (Hurst et al., 2024). In addition, easily accessible applications such as Polycam abstract much of the underlying complexity for the user, enabling them to create models in near real-time. Against this technological backdrop, our pilot project aimed at building artefact and architectural 3D models using two complementary methods: (1) real-time scanning with an iPad and the Polycam application; and (2) traditional photogrammetry with DSLR cameras and professional processing software Agisoft Metashape 2.2.1.

The main aim was to document and analyse the end-to-end process of both methodologies, providing a clear framework for practitioners to select the appropriate tool based on project requirements. Together, we argue that these approaches provide complementary documentation strategies that support different analytical, practical, and communicative goals within a single archaeological project. By pairing digitalisation and community outreach, the TYRAS project sought to foster meaningful engagement with archaeological heritage among local stakeholders and the wider public (Richardson & Almansa-Sanchez, 2015; Bonacchi, 2019).

Methodology: Digital Approaches in Archaeology

In the last decade, digital approaches, especially LiDAR applications and 3D scanning have been incorporated across a range of disciplines from maritime archaeology (McCarthy et al., 2019) to forensic anthropology (Seguchi & Dudzik, 2019), museum curation, preservation and display (Patel et al., 2003), and crowd-sourced collection of data (Bonacchi et al., 2014).

Archaeological 3D scans, and their integration with digital model-making, are also increasingly being used as teaching tools in museums, schools, and universities, although 3D scanning and model-making in archaeology are hardly new endeavours. For example, archaeologists have long used photogrammetry, aerial photography via airplanes, kites and more recently drones, to explore and document large scale areas (Campana, 2017; Bewley, 2025). Recently, close-range photogrammetry has been a common tool used for documenting excavation progress in the field. This recording technique involves the use of a camera, usually attached to a tall pole, and the capture of multiple, overlapping photographs over a desired area. The hundreds of resulting photos are then stitched together, usually by computer software, to create 3D models of areas under study for documentation and presentation purposes (De Reu et al., 2013; Hostettler et al., 2024, 1).

Improvements in technology, especially through the integration of LiDAR (Light Detection and Ranging) into easily portable and commercially available products such as phones and tablets has significantly impacted the ease of use of such technologies for recording data in the field (Pendić & Molloy, 2024, 10–11). LiDAR has become one of the latest “off-the-shelf” tools employed by scholars, curators, and larger institutions adding to the already popularized use of 3D laser scanning and 3D printing for scholarly study and cultural heritage preservation. For example, 3D laser models of China’s terracotta warriors were produced with the aim of analysing and comparing anatomical features and craft signatures of individual pieces, in this case ear shapes (Bevan et al., 2014). The availability of these 3D scans significantly accelerated the study of attributes which would have otherwise remained a more labour-intensive task. Beyond their scholarly advantage, digital and 3D technologies have the potential to enhance public engagement with otherwise static collections or exhibitions demonstrating the importance of integrating emergent technologies across disciplines. Our pilot study in Jordan illustrates how these digital tools can be successfully integrated into fieldwork and study season and we expand here on the factors that contributed to their success.

Recent debates in digital archaeology have also underlined that 3D model creation is only part of a larger digital data life cycle. No less important are the ethical, technical, and curatorial aspects entailed in the storing, sharing, and curation of such digital assets. There has been a growing convergence with frameworks such as the FAIR data principles (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable; Wilkinson et al., 2016), and the CARE principles (Collective Benefit, Authority to Control, Responsibility, and Ethics; Carroll et al., 2020), which emphasize that data is not only technically rigorous but also socially and ethically maintained. This translates, in practice, to a careful choice of open and sustainable file formats (e.g., .OBJ, .PLY, .STL) that guarantee long-term accessibility and interoperability, besides metadata standards that identify scanning procedures, provenance, and context. Within archaeological projects,

these considerations are vital to prevent loss of data, while fostering collaboration and ensuring that digital surrogates respect the communities and institutions connected to the original materials. Integrating these principles into scanning and documentation workflows helps bridge the gap between technological innovation and responsible heritage stewardship—an increasingly central concern within digital archaeology. When applied systematically, these digital approaches allow archaeologists to document artefacts and features in ways that support later spatial, contextual, and comparative analyses, while remaining mindful of ethical and curatorial responsibilities throughout the data lifecycle.

iPad/LiDAR Scanning with Polycam

The selection of objects for 3D scanning was made with the aim of representing various functional categories and materials from the Tall al-Assara and Tall Ya'moun assemblage, providing a balanced sample for testing and demonstration purposes. The selected items, therefore, include a range of sizes and materials and conditions of preservation. They consist of a stone pestle, a stone vessel, a set of grinding tools, an incense burner, and a personal ornament (a perforated shell). The objects range in size from approximately 2 cm (the shell ornament) to 25 cm (the stone vessel). They include artifacts made from stone and shell, enabling different surface textures and conditions of preservation to be included in the scanning process. Each item has value within both daily and ritual contexts: the pestle, vessel, and grinding tools pertain to food preparation and domestic activity; the incense burner relates to ritual or symbolic practices; and the shell ornament informs on personal adornment and long-distance exchange networks (Lorenzon et al., forthcoming).

These objects were selected not only for their representativeness, but also for their pedagogical and interpretive potential. Their digital preservation allows easier access for up-close and detailed study by both scholars and students, without a need for direct handling of fragile artefacts. Moreover, the scans also support comparative research with materials from other sites, enabling interdisciplinary dialogue. Additionally, their inclusion in teaching modules, both at Tall al-Assara's field school and in possible future interactive online exhibits, furthers educational engagement and public outreach. The variety of materials and types of objects selected also allowed us to test how different surfaces and forms responded to the scanning workflow, further refining the methodology.

The scanning process started with the selection of a stable, neutral-coloured surface (i.e., a grey tabletop) to provide contrast, while reducing glare and strong reflections. The surface was selected to simulate common field conditions where controlled studio setups are often not available, yet a stable and visually unobtrusive background can still be achieved. Illumination was diffused and ambient, including just natural daylight filtered through a window or reflected

from other bright nearby surfaces, to minimize harsh shadows and highlights. This approach illustrates that effective photogrammetric documentation need not be confined to the laboratory and can also include archaeological fieldwork and site-based recording, without recourse to special lighting or lightboxes. Employing simple portable setups, this technique is practical for rapid high-quality 3D recording under field conditions.

The iPad Pro (4th generation, IOS 18.7.11) was used together with the Polycam application (Polycam, Inc. 2025. *Polycam*, version 5.1.11 [Mobile application]. Available from: <https://poly.cam>) in LiDAR mode. Each object was moved by hand at a consistent distance of 0.5 to 1 meter, until all surfaces were scanned. The application supported real-time visual feedback, for example by highlighting captured areas as coloured and uncaptured areas in grey, allowing for multiple adjustments. Scanning proceeded vertically, and included a slow, circular pass to fill in any missing details. Using this process, a single object could be scanned in approximately 5 minutes. This resulted in a dense point cloud fusing LiDAR depth data with RGB information from the camera in real time. After scanning, the Polycam application processes the data to create a textured 3D mesh (Figure 1). At this stage, peripheral data such as floor and background elements could be removed using the built-in cropping tool. Any additional small intrusions or “floaters” within the point cloud could be manually selected and deleted as needed. The final model was exported from the app directly to the common formats OBJ (with MTL and texture PNG) and DAE, for archival and further use within a Sketchfab repository (<https://skfb.ly/p8AFX>).

Traditional Photogrammetry

The stone pestle, stone vessel, personal ornament, and incense burner were also processed by traditional photogrammetry. We used turntable photogrammetry, whereby a DSLR camera (with a 24-megapixel sensor) is mounted on a tripod, with the artefacts placed on a turntable to simulate rotational movement, making it easy to remove noisy and blurred backgrounds from interfering with the rendering process (Porter et al., 2016). The rotating stand was progressively shifted, thus allowing the camera to take photos with an approximately 70–80% overlap at 20-degree steps, ensuring complete coverage of its surface. After shooting one full ring at the object's mid-height, additional photos were taken at oblique downward and upward angles to also capture the upper and lower aspects of the artefact.

Two DSLR cameras were used—a Nikon D810 and a Canon 5D—to capture overlapping images from multiple angles. Although photogrammetry is viable on a wide range of digital camera models, and research trips benefit from lightweight, compact equipment, we nevertheless opted for heavier full-frame professional grade models capable of capturing high resolution source photos, to ensure the quality and analysis potential of the final reconstructions. The

cameras were swapped depending on their synergy with the lenses and lighting equipment used: the images used to model the smaller artefacts were shot using a macro lens beneath a Godox flash placed at an oblique downward angle, with a reflector on the opposite side. The larger artefacts, in turn, were modelled in another room under overhead fluorescent tubes at appropriately lower magnifications. As for the settings, the cameras were kept on manual mode during the shoots, with the aperture set to $f/16$ for deep depth of field, ISO to 100–160 to minimize the noise, and shutter speed was accordingly adjusted. A total of approximately 240 high-resolution JPG images were captured for each object taking approximately 35–45 minutes per object. We thank Belal S. Al-Hammouri at Yarmouk University for accommodating us in his photography studio.

These photos were then processed using Metashape (2.2.1), a standard software in archaeological photogrammetry (Green et al., 2014). They were first imported into Metashape, after which the “Align Photos” command was selected with the highest accuracy option. This resulted in a sparse point cloud which was used to produce a high-quality, dense point cloud. A 3D polygonal mesh was computed from this dense cloud using an arbitrary surface type, ultra-high quality, and high face count to best capture advanced geometry. A high resolution, size 16384, UV-mapped texture was mapped on the mesh using the default mosaic blending mode. Lastly, a final clean-up was conducted to eliminate loose points and defects of the point cloud. This manual process included the use of the clean tie point tool in Metashape, a more time-consuming process, but nonetheless also more precise than its mobile equivalent (Figure 2).

Results & Integration

Mobile scanning made possible largely using iPads, has given archaeological documentation the advantages of being cost-effective, speedy, and mobile. In contrast to traditional 3D scanning, which often involves large equipment that requires an independent power source and extensive setup and calibration time, mobile solutions can quickly and flexibly capture data with lightweight, self-contained devices. The rendering and scanning can be completed within minutes, allowing for immediate quality assurance and facilitating collaboration among field and laboratory personnel. Specific advantages of mobile scanning include its value in fieldwork situations where conditions change rapidly and where objects or features need to be documented before continued excavation or environmental factors cause deterioration. This has also become a popular method for fieldwork, especially in documenting the fieldwork process and endangered heritage that may be in danger of destruction, due to the ease with which it can be carried out on-site and how quickly the results are obtained. The resulting models are then uploaded onto a collaborative virtual platform like Sketchfab, where researchers in Finland, Jordan, and everywhere can visualize these models to review them almost in real-time. This immediacy has

improved communication between field teams and object specialists and reduced delays between excavation, documentation, and preliminary interpretation.

The accessibility and affordability of iPad scanning also render this technique easily exportable to other archaeological excavations, especially in areas that do not have technical support, but adequate internet coverage (Gautier et al., 2020). However, even with all the speed and convenience of mobile scanning, classic photogrammetry still remains an essential tool for building high-resolution models for science-directed analyses—such as the analysis of imprints or fingerprints on pottery or other faint surface features. The TYRAS project used two professional DSLR cameras to acquire overlapping images and create a 3D model of our objects. With its automatic alignment, dense cloud generation, and mesh reconstruction, this software produced highly detailed, high-resolution 3D models for metric analysis, publication, and virtual presentation. In this case, the models are also stored in Zenodo and are freely available.

The combination of iPad-based LiDAR scanning and DSLR photogrammetry enables a balance between scientific accuracy and efficiency (Figure 3). Rapid field documentation via Polycam ensures that all materials are recorded comprehensively in a very short time. On the other hand, high-resolution photogrammetry can be used for specific artefacts and features requiring higher scientific resolution. This dual approach provides wide coverage and analytical accuracy (Hurst et al., 2024). During the field component of the TYRAS project, digitization activities also included the documentation of architectural remains revealed through excavation and survey (Cutillas-Victoria et al., 2024; Lorenzon, 2025). As stratified tells, archaeological remains at Tall Ya'moun and Tall al-Assara included multi-period buildings, fortifications, lime floors, and stone walls. The exposure of these architectural features after thousands of years raised questions about their future in-situ preservation and conservation, and the impact of weather erosion for architectural stability. In an effort to record as much as possible, the project incorporated GoPro and drone footage, with traditional photography, to produce combined 3D reconstructions also of excavated trenches, enabling artefacts to be correlated with their architectural and stratigraphic contexts.

Although mobile 3D scanning and DSLR photogrammetry were both deployed in the TYRAS project, these two methods ultimately serve different scales of archaeological documentation and analytical needs. Mobile iPad scanning is excellent for object level recording, providing quick and detailed 3D reconstructions of artefacts or small architectural features, for immediate visual inspection. On the other hand, photogrammetry is more fitting for the capture of large scale elements, such as architectural remains, trenches, and broader site-level reconstructions, where spatial relationships must be recorded with positional accuracy.

This comparison does not represent an independent accuracy or ground-truth assessment. Instead, the terms “accuracy” and “resolution” are used qualitatively, referring to model detail,

visual clarity, and suitability for different analytical purposes, rather than measured metric precision. The complementarity of these two data sets is both a source of opportunity and challenges: on the one hand, the technical matching of a set of object scans can be achieved in georeferenced models of the site or within GIS environments, although it still presents a high level of complexity; on the other hand, such a combination is particularly powerful for identifying artefacts within their precise spatial and stratigraphic context.

Future updates in data interoperability and 3D, GIS platforms may further facilitate this convergence, enabling more comprehensive, multi-scale studies that connect artefact-level datasets with site-level datasets in one digital environment. In addition to their research use, some of the 3D models produced by the TYRAS project were also employed in experimental applications for public outreach and community-based activities. In 2025, as part of the community archaeology projects at Tall al-Assara and Tall Ya'moun, these 3D models allowed general audiences to virtually explore the excavated sites and their associated artefacts. This demonstrated how digital documentation can support and enhance heritage education and engagement through remote access to archaeological materials (Richardson & Almansa-Sánchez, 2015; Lorenzon, 2025).

While these outreach-oriented applications present a worthwhile method of producing and exhibiting archaeological data, they also include significant methodological compromises. Mobile scanning workflows allow for the rapid production of models and intuitive interaction, benefiting time-constrained and pedagogical contexts. However, as a result of their use of mobile scanning technology, models produced tend to prioritize visual accessibility over metric accuracy, making them unsuitable for precise analytical or comparative research. Therefore, mobile scanning should be regarded not as a substitute for high-resolution photogrammetric documentation, but as a complementary tool that offers benefits in terms of accessibility and immediacy rather than analytic depth.

Table 1. Comparison of iPad/LiDAR scanning and traditional photogrammetry with respect to field documentation and analysis-oriented applications.

Metric	iPad / LiDAR with Polycam	Traditional Photogrammetry
Data Acquisition Speed	Very fast (3–5 min); real-time feedback	Slower (35–45 min); requires careful setup
Processing Speed	Near real-time; on-device processing in minutes	Slow (30+ min to hours); depends on hardware and software workflow
Ease of Use	High; intuitive and minimal technical expertise needed	Low–moderate; requires understanding of photographic principles and software
Hardware Cost	Comparable overall; an iPad Pro with LiDAR (~€1,500) is similar in cost to a DSLR setup with a capable laptop. While many institutions already have computers for processing, iPads may require dedicated purchase.	Comparable; a DSLR camera and accessories are moderately priced, and computers are typically part of institutional infrastructure.
Geometric Accuracy	Moderate–high; in static mode point cloud density <1 mm, while in dynamic scanning (as used here) accuracy averages around 1 cm (Teo & Yang, 2023).	Excellent; sub-millimetre accuracy achievable with high-quality images and calibration.
Textural Fidelity	Moderate; lighting-dependent with potential noise and blur; reflective surfaces can cause issues.	High; produces crisp, photorealistic textures, though reflective surfaces remain problematic for both methods.
Primary Documentation Context	Unmatched speed, portability, and on-site feedback; enables immediate visualization without external power or lengthy post-processing, particularly advantageous in field conditions lacking electricity or stable infrastructure.	Superior accuracy, resolution, and control over output; ideal for detailed scientific analysis and high-quality visualizations. It may need a generator to work in field condition as it required long-time computer processing

Discussion: Digital Archaeology and Community Outreach

The Museum of Jordanian Heritage, located at Yarmouk University, was originally designed to act as a bridge between archaeological research, education, and community outreach. As mentioned by Kafafi (1996) and Ajaj (2007), the museum has continued to develop this initial goal, most recently through its active involvement in the TYRAS project. The integration of the 3D models produced by the TYRAS project into the museum’s collections supports university teaching, community engagement and outreach, and sustainable heritage management. The museum’s participation in the project demonstrates how digital documentation initiatives

can strengthen links between archaeological research and museum practice in Jordan, while expanding the social and educational impact of archaeological work.

In addition to their role in digital recording and analysis, such projects also play an important role in education. The process of scanning and modelling provides students with hands-on experience in digital recording, data processing, and interpretation, skills that are increasingly central to archaeological fieldwork and heritage management. 3D models can also be integrated into teaching and training as additional tools and resources for university and vocational education. They support virtual access to artifacts and collection that are not easily accessible, while fostering the development of digital literacy among the next generation of archaeologists.

From a technical point of view, these educational and outreach outcomes are supported by the complementary use of iPad-based LiDAR scanning and DSLR photogrammetry. For example, using Metashape, artefacts can be recorded from multiple angles in discrete image sets, which later can be merged to produce complete 3D models with minimal surface occlusion. Although this process requires significant computational power and some human input, the resulting photogrammetric models demonstrate the high level of control and accuracy that can be achieved through resource-intensive workflows. In addition, the LiDAR scanning offers particular advantages for depth measurement, a task that is often complex when using photogrammetry alone. In the case of LiDAR, the distance between the device and the subject is calculated laser pulses (Lefsky et al., 2001, 79). When interpreted in relation to research objectives, the value of the documentation process depends less on technological sophistication than on contextual applicability. Mobile LiDAR scanning is especially effective in contexts prioritizing immediacy, accessibility, and user engagement, particularly in educational and outreach settings where rapid model generation and intuitive interaction are essential. Photogrammetric workflows, on the other hand, while more resource-intensive, remain essential for research-driven documentation that requires higher levels of geometric control, visual fidelity, and reproducibility. These findings, therefore, suggest that methodological integration should be understood as a strategic alignment of tools with analytical, pedagogical, and social goals, rather than as a convergence toward a single standardized workflow.

This longstanding commitment to education and accessibility has recently been extended through broader digitalisation initiatives at the Museum of Jordanian Heritage, that are aimed at safeguarding collections and expanding public outreach. In the words of Abdulla A. Al-Shorman, in this project, “the aim is to promote and present Jordan’s heritage and create more potential visitors either to the museum or to rural Jordan” (Al-Shorman, 2016). This initiative includes a virtual tour of exhibition galleries incorporating 3D replicas of a range of artefacts supporting expanded local and global access to Jordanian heritage.

The digitisation of TYRAS artifacts aligns with this broader framework through the integration of digital heritage methods and community-based archaeology. Its participatory approach, centred on training students and community members in mobile scanning and photogrammetry methods, supports inclusive heritage management and shared stewardship (Moser et al., 2002; Fernández-Hernández et al., 2015; Lorenzon & Zermani, 2016). Building on this foundation, the TYRAS team is developing a GIS-linked 3D environment and an open-access repository to ensure long-term sustainability, that will facilitate spatial and stratigraphic analysis, and support dissemination efforts. In this way, digital documentation functions not only as a technical tool but as a means of connecting research, education, and community engagement within a coherent framework of responsible cultural heritage practice (Figure 4).

While previous studies have emphasized the democratising potential of mobile 3D documentation technologies, this case study shows that such claims depend heavily on context and intended use. Rather than pointing to a simple shift towards universally accessible documentation, the results instead suggest that specific tools are better suited to particular analytical, educational, and social purposes. Taken together, these findings suggest that combining digital methods is less about adopting a single, unified technology, and more about selecting and applying the right tools to support a specific goal, research, or educational question.

Conclusion

The contrast between mobile scanning and photogrammetry is not about which is better but about which methodology is more appropriate. The iPad/LiDAR combination is an incredibly accessible methodology for delivering fast documentation, visualization, and assessment, which is highly valuable in the field when time and resources are scarce. Photogrammetry, meanwhile, remains an essential methodology for those projects that require greater geometric resolution, controlled data acquisition, and detailed analytical outputs. Mobile scanning does not supersede these traditional methodologies, but rather adds to them, creating an expanded repertoire of documentation methodologies that the modern archaeologist can utilize.

In the near future, the development of mobile scanning hardware with AI processing will certainly bring these two methodologies even closer together. For the time being, however, these two methodologies will continue to co-exist in the ever-growing 3D digital capture toolbox. The modern archaeologist is, therefore, best served by familiarity with both approaches and by selecting methods that most closely align with a project's requirements for accuracy, efficiency, and resource availability.

Looking ahead, the continued integration of 3D scanning, photogrammetry, and GIS within archaeological excavation toolkits promises to transform field documentation and analysis by enabling real-time spatial recording, multi-scalar interpretation, and more connected, collaborative, and accessible approaches to studying and preserving the past.

References

- Ajaj, A. M. (2007). *The historical development of university museums in Jordan (1962–2006): Objectives and perspectives; Case studies of archaeology museums at the Jordan and Yarmouk Universities*. [Doctoral thesis, University of Leicester].
- Al-Shorman, A. A. (2016). Toward a digital heritage museum: Virtual reality and 3D visualization through the internet – Museum of Jordan's Heritage / Yarmouk University. Department of International Relations and Projects. Retrieved February 12, 2025, from <https://dirp.yu.edu.jo/index.php/projects/funded-projects-by-year/137-funded-projects-for-2016/456-toward-a-digital-heritage-museum-virtual-reality-and-3d-visualization-thorough-the-internet-museum-of-jordan-s-heritage-yarmouk-university>
- Bevan, A., Li, X., Martínón-Torres, M., Green, S., Xia, Y., Zhao, K., Zhao, Z., Ma, S., Cao, W., & Rehren, T. (2014). Computer vision, archaeological classification and China's Terracotta Warriors. *Journal of Archaeological Science*, 49, 249–254. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.05.014>
- Bewley, R. (2025). Origins, legacy and recent developments in aerial archaeology in the Middle East. In *Reframing the "Desert Frontier": Studies in the ancient Near East and northern Arabia in honour of David Kennedy* (pp. 139–167).
- Bonacchi, C. (2019). *Digital heritage and the public: An archaeological perspective*. Routledge.
- Bonacchi, C., Bevan, A., Pett, D., Keinan-Schoonbaert, A., Sparks, R., Wexler, J., & Wilkin, N. (2014). Crowd-sourced archaeological research: The MicroPasts Project. *Archaeology International*, 17(1), 61–68. <https://doi.org/10.5334/ai.1705>
- Campana, S. (2017). Drones in archaeology: State-of-the-art and future perspectives. *Archaeological Prospection*, 24(4), 275–296. <https://doi.org/10.1002/arp.1569>
- Carroll, S., Garba, I., Figueroa-Rodríguez, O., Holbrook, J., Lovett, R., Materechera, S., Parsons, M., Raseroka, K., Rodriguez-Lonebear, D., Rowe, R., & Sara, R. (2020). The CARE principles for indigenous data governance. *Data Science Journal*, 19. <https://doi.org/10.5334/dsj-2020-043>
- Cutillas-Victoria, B., Lorenzon, M., Smith, S. L., Holappa, M., & Lahelma, A. (2024). Detecting megalithic structures in the Northern Jordanian Plateau: New data from historical satellite imagery. *Archaeological Research in Asia*, 39, 100540. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2024.100540>
- De Reu, J., Plets, G., Verhoeven, G., De Smedt, P., Bats, M., Cherretté, B., De Maeyer, W., Deconynck, J., Herremans, D., Laloo, P., & Van Meirvenne, M. (2013). Towards a three-dimensional cost-effective registration of the archaeological heritage. *Journal of Archaeological Science*, 40(2), 1108–1121. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.08.040>
- Fernández-Hernandez, J., González-Aguilera, D., Rodríguez-Gonzálvez, P., & Mancera-Taboada, J. (2015). Image-based modelling from unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry: An effective, low-cost tool for archaeological applications. *Archaeometry*, 57(1), 128–145. <https://doi.org/10.1111/arcm.12078>
- Gautier, Q. K., Garrison, T. G., Rushton, F., Bouck, N., Lo, E., Tueller, P., Schurgers, C., & Kastner, R. (2020). Low-cost 3D scanning systems for cultural heritage documentation. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 10(4), 437–455.
- Green, S., Bevan, A., & Shapland, M. (2014). A comparative assessment of structure-from-motion photogrammetry and laser scanning for archaeological recording. *Journal of Archaeological Science*, 46, 16–30. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.02.030>

- Hostettler, M., Buhlke, A., Drummer, C., Emmenegger, L., Reich, J., & Stäheli, C. (2024). 3D archaeology and cultural heritage: Where are we today? In M. Hostettler, A. Buhlke, C. Drummer, L. Emmenegger, J. Reich & C. Stäheli (Eds.), *The 3 dimensions of digitalised archaeology* (pp. 3–8). Springer.
- Hurst, S., Franklin, L., & Johnson, E. (2024). Assessment of Apple's object capture photogrammetry API for rapidly creating research-quality cultural heritage 3D models. *PLOS ONE*, *19*(12), e0314560. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0314560>
- Jones, C. A., & Church, E. (2020). Photogrammetry is for everyone: Structure-from-Motion software user experiences in archaeology. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *30*, 102261. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102261>
- Kafafi, Z. (1996). Editorial note. *Newsletter of the Institute of Archaeology and Anthropology*, *19*, 3–4.
- Lefsky, M. A., Cohen, W. B., & Spies, T. A. (2001). An evaluation of alternate remote sensing products for forest inventory, monitoring, and mapping of Douglas-fir forests in western Oregon. *Canadian Journal of Forest Research*, *31*, 78–87. <https://doi.org/10.1139/cjfr-31-1-78>
- Lorenzon, M. (2025). Digitalization as decolonization: New strategies to multivocality in archaeological sites and museums. In *The future of history and archaeological museums: Changing narratives* (ICOM-ICMAH conference proceedings). https://icmah.mini.icom.museum/wp-content/uploads/sites/56/2025/03/ICMAH_2024_Publication_compressed-1.pdf
- Lorenzon, M., Bonnie, R., & Thomas, S. (2022). Discussing ethical practices in archaeology: Decolonization, open data, and community interaction in Jordan. In E. Watrall & L. Goldstein (Eds.), *Digital heritage and archaeology in practice* (pp. 125–142). University Press of Florida.
- Lorenzon, M., & Zermani, I. (2016). Common ground: Community archaeology in Egypt and interaction between population and cultural heritage. *Journal of Community Archaeology & Heritage*, *3*(3), 183–199. <https://doi.org/10.1080/20518196.2016.1207833>
- Lorenzon, M., Uzdurum, M., Gheorghide, P., & Lahelma, A. (Eds.). (forthcoming). *Social complexity in Northern Jordan: Settlement patterns in the first millennium BCE through archaeological survey and excavation*. Bloomsbury.
- McCarthy, J. K., Benjamin, J., Winton, T., & van Duivenvoorde, W. (2019). *3D recording and interpretation for maritime archaeology*. Springer Nature.
- Moser, S., Glazier, D., Phillips, J. E., el Nemr, L. N., Mousa, M. S., Aiesh, R. N., Richardson, S., Conner, A., & Seymour, M. (2002). Transforming archaeology through practice: Strategies for collaborative archaeology and the Community Archaeology Project at Quseir, Egypt. *World Archaeology*, *34*(2), 220–248. <https://doi.org/10.1080/0043824022000007071>
- Patel, M., White, M., Walczak, K., & Sayd, P. (2003). Digitisation to presentation: Building virtual museum exhibitions. In *Vision, Video and Graphics 2003*, Bath, UK, 10–11 July. <https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/11197403/paper31.pdf>
- Pendić, J., & Molloy, B. (2024). The use of 3D documentation for investigating archaeological artefacts. In M. Hostettler et al., A. Buhlke, C. Drummer, L. Emmenegger, J. Reich & C. Stäheli (Eds.), *The 3 dimensions of digitalised archaeology* (pp. 9–26). Springer.
- Porter, S. T., Roussel, M., & Soressi, M. (2016). A simple photogrammetry rig for the reliable creation of 3D artifact models in the field. *Advances in Archaeological Practice*, *4*(1), 71–86. <https://doi.org/10.7183/2326-3768.4.1.71>

- Potter, R., Pitman, D., Shaw, L. and Horn, C., (2025). Everyone Has to Start Somewhere: Democratisation of Digital Documentation and Visualisation in 3D. *Open Archaeology*, 11(1), p.20250054. <https://doi.org/10.1515/opar-2025-0054>
- Richardson, L., & Almansa-Sánchez, J. (2015). Do you even know what public archaeology is? Trends, theory, practice, ethics. *World Archaeology*, 47(2), 194–211. <https://doi.org/10.1080/00438243.2015.1017599>
- Richards-Rissetto, H. (2022). Technological challenges to practicing 3D ethics in archaeology. In E. Watrall & L. Goldstein (Eds.), *Digital heritage and archaeology in practice: Data, ethics, and professionalism* (pp.163 –193). University of Florida Press.
- Seguchi, N., & Dudzik, B. (Eds.). (2019). *3D data acquisition for bioarchaeology, forensic anthropology, and archaeology*. Academic Press.
- Teo, T. A., & Yang, C. C. (2023). Evaluating the accuracy and quality of an iPad Pro's built-in LiDAR for 3D indoor mapping. *Developments in the Built Environment*, 14, 100169. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100169>
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J. W., da Silva Santos, L. B., Bourne, P. E., & Bouwman, J. (2016). The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

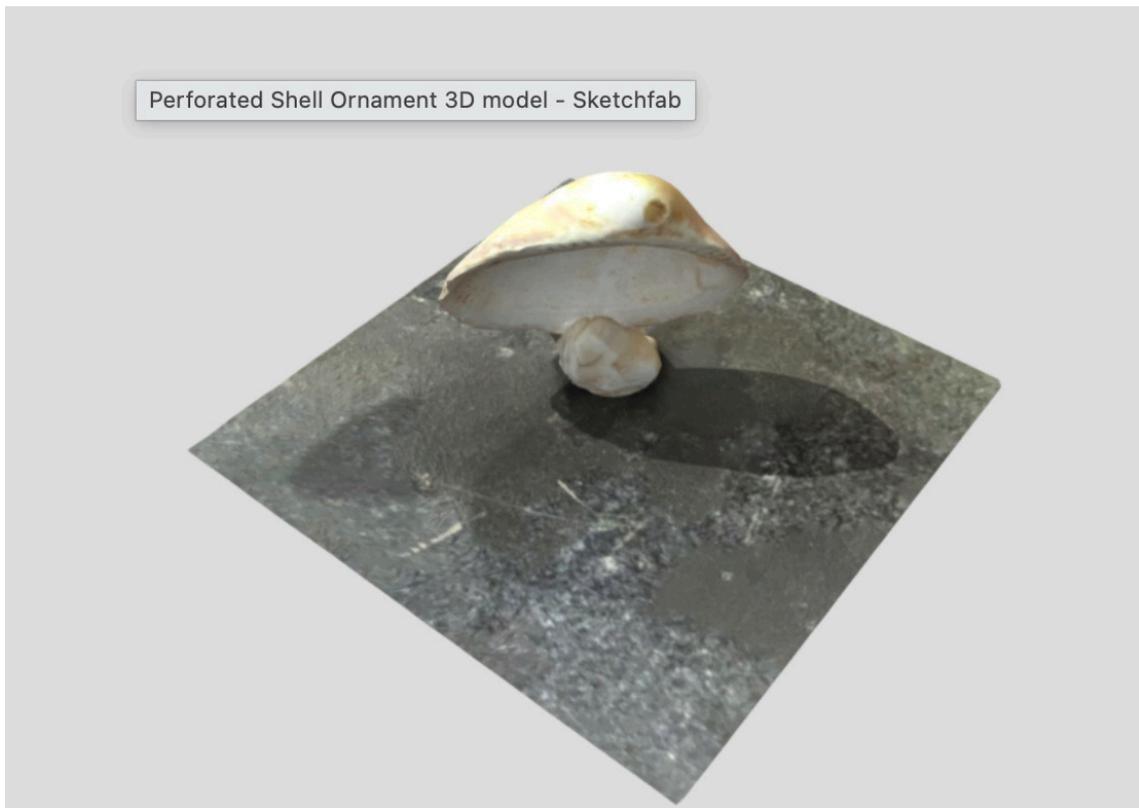


Figure 1: iPad model of a perforated shell from Tall al-Assara.

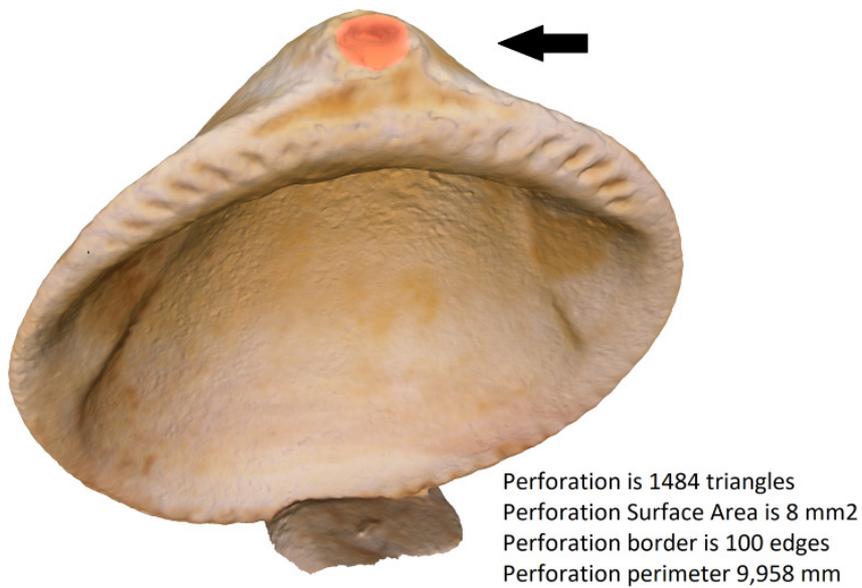


Figure 2: Photogrammetry model of a perforated shell from Tall al-Assara.

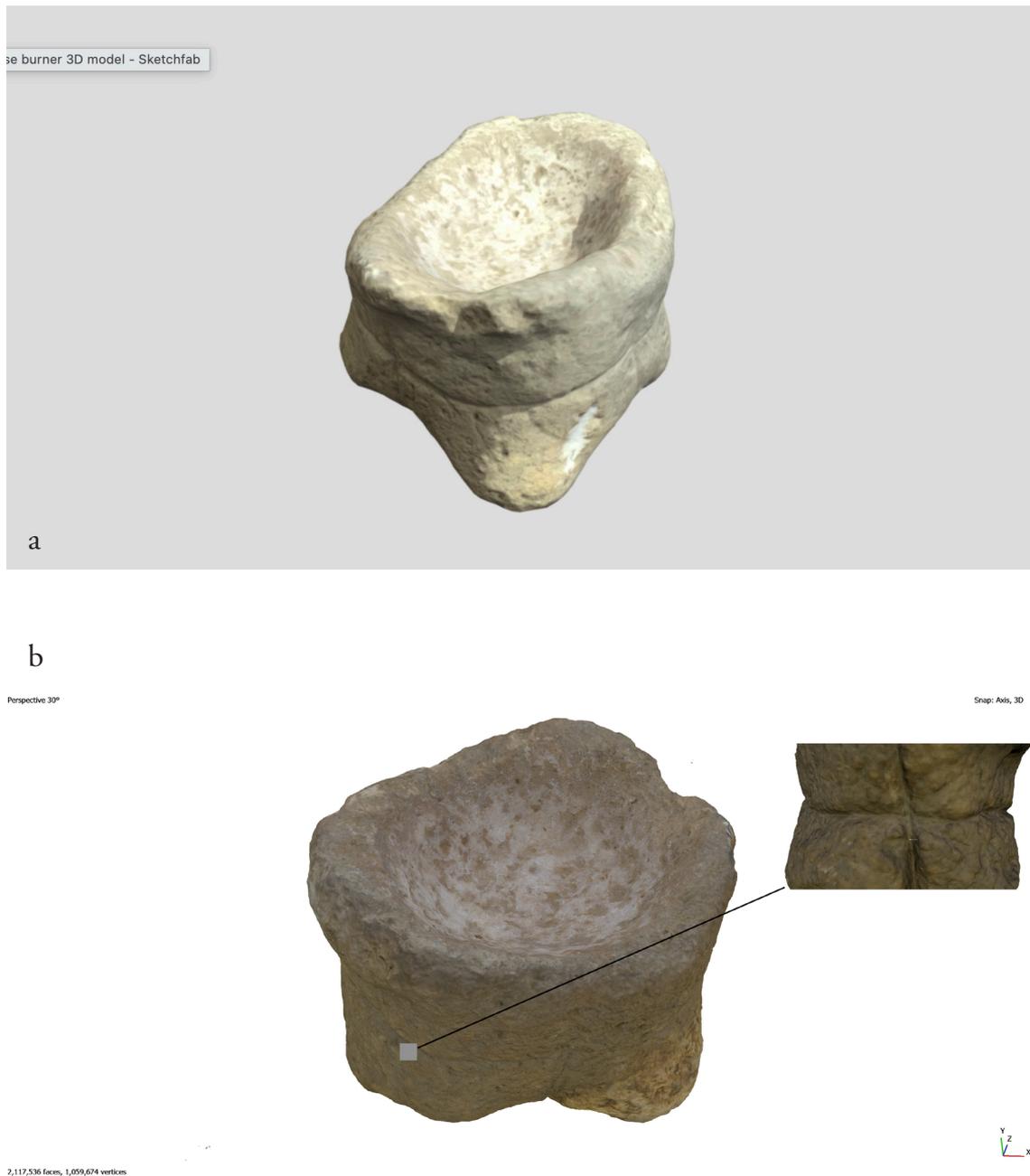


Figure 3: Qualitative comparison of the same artefact an incense burner from Tall Ya'moun documented using (3a) iPad-based LiDAR scanning with Polycam and (3b) DSLR-based photogrammetry. The figure illustrates general differences in surface representation and texture rather than providing a metric comparison.



Figure 4: 3D georeferenced photogrammetry of the TYRAS 89 site identified in the survey.

Birds Through Time in Türkiye: Morphological and Proteomic Approaches to Archaeological Avifauna

Ramazan Parmaksız^a, Beatrice Demarchi^b, Lisa Yeomans^c

Abstract

Türkiye has sustained a dynamic ecosystem from prehistory to the present, characterized by its rich biogeography and natural resources. Birds are essential components of this ecosystem and have maintained components of this ecosystem, have always maintained a close relationship with human communities the area covered by modern day and are currently represented by more than 500 species in Türkiye. When examined in an archaeological context, birds play a significant role in understanding past environments and climates; the cultural and symbolic life of prehistoric humans and human-environment entanglement. In this study, 97 zooarchaeological studies conducted at 94 archaeological sites across Türkiye were compiled and subjected to meta-data analysis to assess the extent to which birds have been studied in archaeological contexts.

Our study shows that, despite the recent increase in zooarchaeological research in Türkiye, there are still significant gaps in the study of birds. After identifying the possible reasons for these gaps, we offer several research suggestions. These would enable high-quality analyses of bird eggs and bones—which are crucial for understanding past environmental conditions, seasonality, and early bird management—include: establishing a comprehensive ornithoarchaeological reference collection in Türkiye, training specialists interested in archaeological bird remains, and employing ancient protein analyses (paleoproteomics), which allow the identification of highly fragmented remains with high success rates. Additionally, within the scope of this study, recent rapid developments in paleoproteomics are briefly reviewed, and the methods are introduced.

Keywords: avifauna, zooarchaeology, paleoproteomics, ZooMS, meta-data analysis

-
- a PhD student, Department of Life Sciences and Systems Biology, University of Turin – Italy.
ramazan.parmaksiz@unito.it ; <https://orcid.org/0009-0001-2292-2140>
- b Prof., Department of Life Sciences and Systems Biology, University of Turin – Italy.
beatrice.demarchi@unito.it ; <https://orcid.org/0000-0002-8398-4409>
- c Assoc. Prof., Globe Institute, Section for Geobiology, University of Copenhagen – Denmark.
yeomans@sund.ku.dk ; <https://orcid.org/0000-0002-5180-8902>

Makale gönderim tarihi: 15 Aralık 2025; Makale kabul tarihi: 18 Ocak 2026

Özet

Türkiye, tarihöncesinden günümüze kadar zengin biyocoğrafyası ve doğal kaynaklarıyla dinamik bir ekosisteme ev sahipliği yapmaktadır. Bu ekosistemin en hareketli unsurlarından biri olan kuşlar, insan topluluklarıyla her zaman yakın ilişki içinde olmuştur ve günümüz Türkiye'sinde de 500'den fazla türüyle temsil edilmektedir. Kuşlar, arkeolojik bağlamda incelendiğinde geçmiş çevrenin ve iklimin; tarihöncesi insanının kültürel ve sembolik yaşantısının; insan-çevre dolanıklığının anlaşılmasında büyük rol oynamaktadırlar. Bu çalışmada, Türkiye'deki 94 arkeolojik alanda yapılmış 97 zooarkeolojik çalışma derlenerek meta-veri analizi yapılmış ve kuşların arkeolojik bağlamda ne kadar çalışıldığı anlaşılmaya çalışılmıştır.

Çalışmamız son yıllarda Türkiye'de artan zooarkeolojik çalışmalara rağmen arkeolojik kuş kalıntılarının çalışılmasında hâlen önemli boşluklar olduğunu göstermekte ve bu boşlukların olası sebeplerini tespit ettikten sonra çeşitli çözüm önerileri sunmaktadır. Geçmiş çevre şartlarının, mevsimselliğin ve kuş evcilleştiriciliğinin anlaşılmasında büyük önem taşıyan kuş yumurtalarının ve kemiklerinin nitelikli çalışılabilmesi için önerilerimizin başlıcaları; Türkiye'de kapsamlı bir ornitoarkeolojik koleksiyonunun oluşturulması, arkeolojik kuş kalıntıları ile ilgilenen uzmanların yetiştirilmesi ve tanımlanamaz koşullardaki faunal kalıntıları yüksek başarı oranıyla tanımlamamıza olanak tanıyan antik protein analizlerinin (paleoproteomik) alternatif bir araştırma yöntemi olarak uygulanmasıdır. Çalışmamızda son yıllarda dünyada hızla gelişmekte olan paleoproteomik çalışmalarda kısaca derlenmiş ve yöntemler tanıtılmıştır.

Anahtar kelimeler: kuş, zooarkeoloji, antik protein, ZooMS, meta-veri analizi

Introduction

Türkiye, located between approximately 36°–42° N latitude and 26°–45° E longitude, encompasses a wide range of climatic and ecological conditions with an average annual precipitation of around 600 mm and a mean annual temperature of about 13°C; however, substantial differences occur among regions owing to its large geographic size and varied topography. Due to these variable conditions and the country's extensive land area, ranging from coastal plains to high mountain systems between the European-Siberian, Mediterranean, and Irano-Turanian biogeographic zones (Birben & Gençay, 2019), the country provides habitats for a remarkably diverse biota, comprising over 12,000 known species. Among them, birds represent one of the most prominent groups, with nearly 500 species recorded, with at least 486 of them migratory and 376 of them observed regularly during the entire year (Elvan et al., 2022). Because birds select geographic corridors to avoid long-distance sea crossings during migration, several key regions in Türkiye serve as critical passageways as shown in Figure 1. The Bosphorus in the Marmara Region channels large numbers of eagles, hawks, storks, and waterfowl; the Borçka–Artvin corridor in northeastern Anatolia is an important route for storks, raptors, and vultures; and the Belen–Hatay corridor in southern Türkiye is another major flyway, especially for soaring birds. Together, these pathways constitute some of the most significant migration routes within the African–Eurasian and African–Asian flyways, as well as between Eastern Europe and

the Kazakhstan steppes (Arslangündoğdu, 2005; Elvan et al., 2022; Kirwan et al., 2008; Üner et al., 2010).

Birds are known to be highly adaptable to climatic and environmental changes due to their evolutionary history, which has shaped their breeding and migratory behaviors to be closely synchronized with climatic conditions, as well as with food and nesting availability (Carey, 2009). Some bird species are tightly bound to specific environments; for instance, cormorants are closely associated with large bodies of water, while chukar partridges typically inhabit dry and rocky hillsides covered with grass. Other species, however, exhibit migratory behavior during particular periods of the year to meet their ecological requirements by moving between colder and warmer (e.g., white storks), or drier and wetter (e.g., white pelicans) environments (Boyla et al., 2025). Although the evolutionary origins of bird migration are difficult to trace due to their complex nature, migratory behavior has persisted for thousands of years, shaped by both genetic factors and external environmental influences (Gu et al., 2024).

Bird niche specialization and mobility are useful concepts in ecology, as they allow researchers to monitor and model the biological impacts of climate change and ecosystem health (Chen et al., 2011; Devictor et al., 2008). However, the same avian traits also provide complementary data for historical studies and paleoenvironmental reconstruction in archaeology. Traditionally, paleoenvironmental and paleoclimatic research in archaeology has relied heavily on the analysis of macro and microbotanical remains, geomorphological approaches, and isotopic geochemistry (Biltekin et al., 2025; Kabukcu & Asouti, 2022; Kolbüken et al., 2025; Kuzucuoglu, 2013; Machado et al., 2025; Marston et al., 2022; Roberts et al., 2011). However, due to their strong niche preferences and their seasonally synchronized mobility, bird remains from archaeological contexts can serve as highly effective indicators of past climatic and environmental conditions, thereby complementing traditional datasets (see Russell, 2025). While birds are undoubtedly useful environmental proxies, it is also important to highlight that avian remains on archaeological sites are usually the result of human activities and human-avifauna interactions, therefore representing a biased assemblage. For example, birds have been used extensively as a food source, for tool making (e.g., bone awls, feather ornaments), and valued for their symbolic significance, often appearing in ritual, art, and burial contexts. Many bird species are often highly abundant in human-modified environments due to the attractiveness of human settlements (e.g., waste, nesting structures) or agricultural lands, leading to a possibility of high frequencies of their remains in the archaeological record. Therefore, the detailed analysis of avifaunal assemblages offers dual utility: providing both proxies for paleoenvironmental reconstruction and direct evidence for past human subsistence strategies, resource selection, and cultural practices.

Despite the clear potential of avian remains as paleoenvironmental proxies and as tools for understanding past societies—particularly within the deep prehistory and diverse environments of Türkiye—avian research in the archaeology of the region remains limited. Considering

Anatolia's rich biogeography, cultural diversity, and long archaeological record, it is important to understand the reasons underlying the relative scarcity of avifaunal studies. Therefore, this research first evaluates the current state of avifaunal research in archaeology of Türkiye through a review of previous zooarchaeological studies. By compiling and reassessing existing zooarchaeological data, the study aims to identify possible factors contributing to the underrepresentation of avifaunal research in the region. In the following sections, ancient protein analysis (paleoproteomics) as an alternative or complementary approach for identifying bird bones and eggshells from archaeological contexts when osteomorphological identification is limited or inconclusive and morphological analysis of eggshells will be introduced. Together with selected case studies from Türkiye and beyond, this research aims to foster a more robust and integrated ornithoarchaeological framework within Anatolian archaeology.

A Historical Overview of Avifaunal Research in Anatolian Zooarchaeology

Anatolia stands out as a region of remarkable geographical and cultural significance, with continuous human occupation from the Late Pleistocene to the present day (Akgül & Dinçer, 2021; Altınbilek-Algül et al., 2022; Arbuckle & Erek, 2012; Atıcı, 2010, 2011; Baird, 2012; Çelik, 2011; Çilingiroğlu et al., 2020; Karul, 2020; Kodaş, 2023; Kodaş et al., 2020; Kökten, 1959; Ökse, 2021; Özbaşaran & Duru, 2011, 2015; Özdoğan, E., 2024; Özdoğan, M., 2014; Özkaya, 2011; Starkovich & Stiner, 2009). Within this long and complex socioecological history, tracing the dynamic relationships between avian species and humans across extended periods presents both a challenge and an opportunity for advancing archaeological and paleoenvironmental understanding. An early appreciation of Anatolia's long-term human–avian interactions fueled studies of animals in archaeological contexts, which were initially focused on iconographic and epigraphic descriptions (Akurgal, 1961; Mellink, 1964). Over time, however, this research has become more insightful with the realization that animals, once regarded merely as “other creatures” play a central role in addressing archaeology's social, economic, symbolic, and environmental questions (Clutton-Brock, 1992; Russell, 2011; Sherratt, 1983). This shift, largely driven by the emergence and development of zooarchaeology as a discipline, has significantly advanced research on avifaunal assemblages, providing new perspectives on human–bird interactions across millennia.

The study of avifaunal assemblages within archaeological contexts, commonly referred to as *ornithoarchaeology*¹, a subdiscipline of zooarchaeology, primarily relies on taxonomic identification

1 The term was first used by Morales-Muñiz (1993) and has been used interchangeably as *archaeo-ornithology* and *avian zooarchaeology* in several other academic studies (Boev, 1993; Gal, 2006; Higgins, 1999; Kost & Hussain, 2019; Serjeantson, 2009).

through the osteomorphological analysis of bird skeletal remains, micromorphological analysis of eggshells and bird feathers, and analysis of ancient biomolecules. In the archaeology of Türkiye, avifaunal research has primarily relied on the osteomorphological analysis of bird skeletal remains as part of broader zooarchaeological investigations of archaeological sites. Although there is still a challenge in the recovery of bird bones from archaeological sites because of their small size and fragility, increasing interest in zooarchaeological research along with more careful recovery techniques, is helping to improve the recovery of bird bones and other small faunal fragments. Using a meta-data analysis approach, this paper evaluates the current state of avifaunal research in Anatolian zooarchaeology and provides a series of observations and possible resolutions to ongoing challenges.

Meta-data Analysis of Avifaunal Zooarchaeology in Türkiye

To assess the scope and impact of avifaunal zooarchaeology in Türkiye, we employed a meta-data approach, compiling data from 85 published zooarchaeological studies, including 13 open-access primary sources, representing a total of 91 archaeological sites. Where open-access primary data were available, these sources were preferentially used; otherwise, the dataset was compiled from published studies that reported the Number of Identified Specimens (NISP) or from faunal reports in which specimen counts could be converted to NISP. When multiple publications presented updated analyses of the same assemblages, only the most recent version was included. In addition, only publications that clearly specified archaeological periods associated with the NISP data were selected. Finally, the complete dataset, comprising a total of 179 cultural phases from 91 archaeological sites, was classified into eight distinct cultural periods, as shown in Figure 2. The figure illustrates the Number of Identified Specimens (NISP) for all faunal species, including all identified Amphibia, Arthropoda, Mammalia, Mollusca, Pisces, Reptilia, and Aves, and excluding any unspecified taxa (e.g., “small mammal” or “medium artiodactyl”); the number of identified bird bones (Identified Aves) at least to the family level (e.g., *Anatidae*); the number of unidentified bird bones (e.g., Aves) and the relative proportions among these categories. By integrating these three categories (total faunal NISP, Identified Aves, and Unidentified Aves), we aimed to examine general patterns in the abundance of avian remains, particularly identified bird bones, relative to overall faunal assemblages across human occupational periods from the Epipaleolithic to the Medieval period.

As indicated by the colored sections in Figure 2, bird remains account for approximately 0.5-2% of the total faunal assemblage across most of the archaeological periods, with few exceptions including the Early Byzantine assemblage from Sagalassos (represented in the Medieval category) studied by Van Neer et al. (2024), where a substantial number of chicken remains were identified. Furthermore, no clear correlation is observed between the total Number of

Identified Specimens (NISP) and the number of identified bird bones. This lack of a trend is expected, as multiple factors must be taken into consideration, including the differences in excavations and bone recovery methods, the chronological period and environmental context of the archaeological sites, and the cultural preferences of past communities. Nevertheless, it is evident that unidentified bird remains far exceed those identified remains (to family level and below). This is largely due to the high taxonomic diversity of birds and the morphological similarities among many species (Serjeantson, 1996). Their skeletal anatomy is often highly uniform, and accurate identification typically requires a comprehensive reference collection with multiple comparative specimens from the same species (Bochenski & Tomek, 1995; Morales-Muñiz, 1993).

During the early prehistoric periods, including the Epipaleolithic and Neolithic, the proportion of unidentified bird remains is relatively higher in comparison to later periods, likely because the exploitation of a broader range of wild taxa makes species identification more challenging in the absence of comprehensive reference collections. In the subsequent cultural periods, the number of bird remains decreases sharply, possibly for two main reasons. First, there were changes in subsistence economies and cultural preferences between pre-farming and farming societies. Second, almost all available avian-focused zooarchaeological studies in Anatolia are concentrated on the Neolithic, and this creates a bias towards earlier periods (Emra et al., 2022; Peters et al., 2005; Pöllath & Peters, 2023, 2024; Russell, 2019a, 2019b, 2022; Russell & McGowan, 2003; Zeder & Spitzer, 2016).

Furthermore, zooarchaeological reports selected only from those providing NISP data were grouped into five time blocks (by decade) according to their year of publication in order to assess long-term trends in zooarchaeological and ornithoarchaeological research in Türkiye. Based on the 97 publications from 94 archaeological sites, Figure 3 shows the distribution of studies across these time blocks, indicated by gray bars. Some studies were excluded from the NISP meta-data analysis presented in Figure 2 because they encompassed mixed chronological periods or contained data unsuitable for inclusion, were considered in Figure 3. The results indicate a steady increase in zooarchaeological research activity since 1974, as reflected by the rising number of studies represented by the gray bars. It is important to note that the first time block (1974–1985) is based on only three publications, and the final block (2016–2025) includes the current year. However, this does not alter the overall pattern. Then, we focused specifically on bird identifications from these sites. Nineteen of the 97 studies reported no avian data at all, and 48 sites contained no identified avian species, meaning that the bird remains were only classified to the order or class taxonomic levels (e.g., Aves or Anseriformes). Finally, we created an Avian Identification Index (AII) based on the number of archaeological sites in which at least one bird specimen was identified to the family level or below (i.e., family, genus, or species). This value was then divided by the total number of archaeological sites to examine

whether there is a positive correlation between the number of zooarchaeological studies and the ratio of identified avian species through time, as expressed in the formula below.

$$AII = \frac{N \text{ archaeological sites (at least one family or below level bir)}}{N \text{ all archaeological sites}}$$

As represented in the red line in Figure 3, identified bird specimens do not show a significance increase across time. This finding is contrary to our expectations, as the growth in zooarchaeological research in Anatolia (represented by the gray bars) has not been accompanied by a corresponding improvement in the identification of bird remains through time.

Identification of Bird Bones: Problems and Suggestions

Zooarchaeological research in Türkiye has increased in recent decades, as reflected in the number of published studies reporting NISP data (Figure 2 and 3). When we consider the zooarchaeological research that has not focused on general zooarchaeological reports with NISP data, but rather on species-specific (e.g., cattle management, dog sacrifice, pathology of horses) or methodological issues, zooarchaeological research in the past decades is even greater than the data presented (Crabbé et al., 2025; Çakırlar et al., 2021; De Cupere et al., 2009; Gündem, 2024; Onar et al., 2012; Siddiq et al., 2021; Slim & Çakırlar, 2023; Stiner et al., 2014; van Tuinen et al., 2025). However, the increase in zooarchaeological research does not correspond to a higher ratio of avian identification in contrary to our expectations. We propose several main reasons for this issue:

- Limited recognition of the value of bird remains for paleoenvironmental reconstruction and social/cultural studies impacting on overall methodological choices.
- The complete absence of bird bones at some sites.
- Excavation and sampling biases, as sieving is not routinely conducted, especially in later periods focused on architecture and material culture, limit the recovery of small or fragmentary bones and eggshells.
- Poor preservation and adverse taphonomic factors result in fragmented bones and eggshells that cannot be reliably identified morphologically.
- Lack of specialization in avian skeletal anatomy, osteological similarities between bird species, and the absence of comprehensive ornithological reference collections hindering accurate identification.

We argue that the low frequency of avian bone identification in zooarchaeology of Türkiye represents a critical gap that limits the full interpretive potential of archaeological assemblages. Several of the issues outlined above could be mitigated by increasing the number of researchers

specializing in archaeological avifauna and by establishing comprehensive reference collections, although the latter presents challenges regarding time and cost. Nevertheless, reference collections alone cannot solve problems related to poor taphonomic conditions or high rates of bone fragmentation.

Other research areas within ornithoarchaeology, such as the study of bird feathers, may not be highly productive due to the low likelihood of preservation and recovery in archaeological contexts (Urquiza & Echevarria, 2018). In contrast, the study of bird eggshells has become essential for understanding avian domestication (see Yeomans, 2025). For example, analysis of incubation stages in turkey eggshells from the American Southwest has demonstrated an intensification of management practices after around AD 1100 (Beacham & Durand, 2007). Early goose domestication at Neolithic Çatalhöyük was also proposed by Sidell (1993b) based on morphological analysis of eggshells. To further evaluate or refine such hypotheses, investing more research effort in eggshell analysis is valuable, but it is equally important to move beyond traditional approaches. In this context, paleoproteomics, a rapidly advancing field, offers substantial potential for the taxonomic identification of both unidentified bird bones and eggshell fragments.

Decoding Ancient Birds through Paleoproteomics: Eggshells and Bones

Paleoproteomics is a rapidly growing research area that studies ancient proteins preserved in the remains of organisms, with applications in many fields, including paleontology and zooarchaeology. Ancient proteins are exceptionally long-lived biomolecules that can survive for millions of years (Cappellini et al., 2012; Demarchi et al., 2016), and they are abundant in biomineralised tissues of organisms, i.e., bones, teeth, shells, and eggshells (Demarchi, 2020; Hendy et al., 2021; Warinner et al., 2022). Within avian zooarchaeology, unidentified bird bones are very common due to the high degradation and fragmentation of bones. Besides bird bones, eggshell fragments can also be found at archaeological sites thanks to careful sieving (usually from 1mm to 4mm mesh) and flotation processes. However, they have been typically left without further taxonomic identification due to the limitations in identification methods for eggshells (Sidell, 1993a, 1993b). These identification problems are a major contributing factor to the high rate of unidentified specimens in Anatolian avifaunal research. The analysis of ancient proteins provides a new avenue in avian zooarchaeology, enabling the refined taxonomic assignment of previously unidentified eggshell fragments and bird bones.

Eggshells

In paleoproteomics, the study of ancient proteins preserved in eggshells is a relatively new but rapidly expanding research field (Best et al., 2015; Codlin et al., 2025; Demarchi et al., 2016,

2020; Presslee et al., 2017; Stewart et al., 2013). However, working with eggshells can be challenging due to their fragile nature. Archaeological eggshells, in particular, are often highly fragmented as a result of post-depositional processes, and eggs are small, commonly ranging from about 0.5 to 5 cm in circumference². To maximize the information obtained from even very small fragments, researchers typically combine morphological and proteomic methods. Therefore, in this section, we provide a brief overview of eggshells from both morphological and ancient protein perspectives.

Morphological Analysis of Eggshells

Eggshells are composed of about 95% calcium carbonate (CaCO₃) with only a small proportion of organic matrix (Butcher & Miles, 1990). The inorganic part of an eggshell is made up of several layers. These layers form through biomineralization while the egg is developing in the bird's oviduct. Some of the distinctive layers and morphological structures are the *cuticle* (outermost organic layer); the *palisade layer* (bulk of the eggshell); *mammillary layer* (innermost mineral layer) and *mammillary cone* (conical mineral projections in the mammillary layer) as shown in cross-section of an eggshell fragment in Figure 4 (after Hicks et al., 2023; Sidell, 1993b). Understanding how eggshell morphology develops and identifying distinctive morphological features are highly promising approaches for both taxonomic identification and assessing embryonic development. While such information is a valuable tool for biologists and ecologists in their broader research on avian biology and reproduction, it is equally important for zooarchaeologists. Detailed morphological analysis can support taxonomic identification of archaeological eggshells and provide insights into the possible domestication or management of bird species in the past.

Archaeological eggshells present several challenges for recovery and analysis. One major limitation is the taphonomic degradation they undergo after being buried in the soil for thousands of years. Another issue is the inconsistent application of recovery techniques such as fine-mesh sieving or flotation at some archaeological sites. However, when burial conditions are favorable, particularly in dry, alkaline (high pH) soils, eggshells tend to be much better preserved (Clayburn et al., 2004; Keepax, 1977). Moreover, when appropriate recovery methods are carefully implemented, including sieving with 1–4 mm mesh screens and the flotation of archaeological sediments, eggshells can be efficiently recovered. Once retrieved, they can be examined morphologically to aid in taxonomic identification, determine incubation stages, and reconstruct their taphonomic histories (Beacham & Durand, 2007; Hicks et al., 2023; Sichert et al., 2019; Sidell, 1993b; Sidell & Scudder, 2005).

2 The circumference values for the eggshell fragments are based on measurements from 50 randomly selected eggshell fragments from assemblages at Çatalhöyük, a Neolithic site in Central Anatolia.

In the morphological analysis of archaeological eggshells, one of the most informative characteristics—despite the wide range of variation—is eggshell thickness. Eggshell thickness can provide preliminary information about broad taxonomic levels (e.g., broad size range). In particular, bird species with relatively thick eggshells, such as ostriches, swans, geese, and cranes, can often be identified using catalogues from modern comparative collections, which provides average eggshell thickness values based on measurements taken from multiple individuals across different species (Keepax, 1981; Sidell, 1993). However, identifying smaller bird species with thinner eggshells is much more challenging because the thickness values of many species overlap (e.g., partridge and pheasant). Additionally, variation in thickness within a single eggshell can create additional difficulties, especially for smaller bird species that have higher overlapping rates. Nevertheless, whether thicker or thinner, morphological analysis provides the primary basis for preliminary taxonomic identification prior to paleoproteomic approaches.

Furthermore, examining the microstructure of eggshells using Scanning Electron Microscopy (SEM) is a promising approach. Some of the earliest SEM studies on modern avian eggshells focused on investigating their microstructure and comparing species from Europe and Asia (Becking, 1975; Simons, 1971). Its potential for archaeological research was soon recognized by Keepax (1977, 1981), who applied SEM to Medieval and Roman eggshell fragments. Sidell (1993b) later expanded these methods by developing broader reference collections that included biometric data and SEM images for multiple bird species. Additionally, the work of Sidell and Scudder (2005) on Çatalhöyük eggshells demonstrated the strong potential of morphological analysis for identifying archaeological avian remains.

Although still a developing method, taxonomic identification based on eggshell morphology relies on distinct structural features of the inner eggshell surface. For example, Hicks et al. (2023) describe how qualitative characteristics—such as the morphology of mammillae, membrane facets, and intermammillary spaces—can support taxonomic identification for certain bird groups (e.g., *Anser* and some Galliformes). Their findings highlight that exploring species-specific micromorphological features in archaeological eggshell fragments is a promising avenue for future research.

In addition, SEM analysis can reveal patterns of embryonic development preserved in the mammillary cone, which are also reflected in the archaeological eggshells. Although a few species, such as the Malleefowl (*Leipoa ocellata*), bury their eggs in decomposing vegetation, most bird species associated with human contexts incubate their eggs by sitting on them, a behavior referred to as the “incubation period.” After approximately 15–18 days of incubation (with slight variation among species), the mammillary part of the eggshell provides sustenance to the development of the embryo. As the embryo begins to absorb calcium from the shell, it produces a characteristic pattern of cone resorption on the internal eggshell surface (see Beacham &

Durand, 2007; Simons, 1971). Building on this principle, Sidell and Scudder (2005) identified several hatched eggshells in their analysis at Çatalhöyük, which were interpreted as possible signals of intentional geese and duck breeding. Also, Beacham and Durand's work (2007) on prehistoric eggshells from northwestern New Mexico suggested the purposeful breeding of captive turkeys in the 12th century AD based on their SEM analysis, which focused on incubation stages of turkey eggs.

Paleoproteomics of Eggshells

Proteins are complex biomolecules composed of chains of 20 common amino acids, which are often referred to as the building blocks of proteins. They play vital and active roles in the metabolic processes of organisms. Based on their functions, proteins can be classified into several categories, including signaling proteins, which mediate cell communication; enzymatic proteins, which catalyze chemical reactions; and structural proteins, which contribute to the formation and mechanical stability of cells, tissues, and extracellular matrices (Barrett & Elmore, 1999; Kessel & Ben-Tal, 2018). For example, structural proteins are essential for providing shape and mechanical strength to biological tissues, such as collagen in bone and skin, keratin in hair, nails, and feathers, and elastin in connective tissue, whereas regulatory or functional proteins, such as in eggshells control calcite nucleation, crystal growth, and crystal orientation during shell formation. Proteins are often described as molecular “machines,” and they contain a wealth of evolutionary and taxonomic information about the organisms to which they belong (Reynolds, 2022). Due to this informational content and their remarkable longevity, researchers have recognized their potential for ancient studies. This has led to the development of paleoproteomics, a field that investigates key zooarchaeological and paleontological questions through the study of ancient proteins found in archaeological and paleontological remains (Warinner et al., 2022).

In paleoproteomics, eggshells represent a valuable material for analysis due to their strong potential to provide insights into past human activities and ecological conditions. They comprise both organic and inorganic components, with the organic fraction containing various types of proteins. During eggshell formation, some of these proteins become encapsulated within the calcium carbonate lattice, which are known as *intracrystalline proteins* (Collins & Riley, 2000; Demarchi, 2020; Demarchi, et al., 2013). Because they are physically sealed within the mineral structure, these proteins form what is considered a closed system, meaning they are largely protected from external contamination and environmental alteration and can persist for millions of years, as demonstrated by Demarchi et al. (2016). Once they are successfully isolated and proteomically analysed, they can be identified (sometimes even to species level) because of the small differences in their amino acid sequences from one species to another (single amino acid polymorphisms - SAPs; see a discussion on avian SAPs in Codlin et al., 2025).

The proteomic analysis of archaeological eggshells is based on a methodology that was initially developed for the study of hair keratin from the clothing of the Iceman “Ötzi,” discovered in the glaciers of South Tyrol, Italy (Hollemeier et al., 2008). In this approach, proteins in hair samples are enzymatically cleaved into smaller fragments, or peptides (chains of amino acids), using trypsin, and the masses of the resulting peptides are measured via matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS), where the ionisation is achieved through MALDI, and the detection of ions through TOF-MS. The mass spectrometer generates a peptide mass fingerprint (PMF) —a pattern of peaks corresponding to the m/z values of the peptides. Following this initial application, the methodology and associated reference databases were further developed and extended to a wide range of proteinaceous materials. Nicknamed “ZooMS” (Zooarchaeology by Mass Spectrometry) this technique has since been successfully applied to bone, teeth, antler, ivory, leather, and parchment (some foundational studies are: Buckley et al., 2009; Coutu et al., 2016; Ebsen et al., 2019; Fiddymment et al., 2015; von Holstein et al., 2014). Using this PMF approach, researchers can identify species by comparing measured peptide mass spectra (expressed as mass-to-charge ratios (m/z)) with reference data from known taxa. During this development, taxon-specific marker peaks (m/z values characteristic of particular taxa) were identified, allowing reference libraries to be progressively refined and improved.

The first application of proteomic analysis to archaeological eggshells was carried out by Stewart et al. (2013) using a “profiling approach,” in which the full peptide peak list from archaeological samples was compared against a reference database of potentially diagnostic peptide masses available at the time. Subsequent studies further demonstrated the utility of ancient protein analysis of eggshells using MALDI-TOF MS, with taxon-specific m/z values serving as markers for taxonomic identification (Best et al., 2015; Demarchi et al., 2020; Presslee et al., 2017; Yeomans et al., 2024). For example, the analysis of a selection of 90 eggshells from Neolithic Çatalhöyük revealed a strong dominance of waterfowl (Anseriformes), likely reflecting their use as a food resource. The same study also identified crane (*Grus*) eggshells in both burial contexts and midden deposits (Best et al., 2015; Demarchi et al., 2020). Because cranes are associated with ritual practices at the site (Russell, 2019a, 2019b), the presence of their eggshells in both mortuary and domestic refuse suggests that they played significant roles in both the worlds of the living and the dead (Demarchi et al., 2020). However, identifying eggshells based on taxon-specific m/z values is quite challenging for several reasons. First, eggshell proteins are highly diverse, and many different protein types must be considered due to the heterogeneous protein composition (e.g., C-type lectins such as XCA1 and XCA2, ovocleidins, ovocalyxin, osteopontin, and clusterin), most of which occur in low abundance (Codlin et al., 2025). In contrast to collagen-dominated bone proteomes, eggshell proteins do not generate the stable, abundant, and predictable peptide mass fingerprints that underpin

reliable taxonomic identification using ZooMS-based approaches (see *Bones*). To address these limitations, *de novo* sequencing using liquid chromatography tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) is typically employed (Codlin et al., 2022; Demarchi et al., 2019; Presslee et al., 2017). LC-MS/MS enables high-resolution analysis, deep proteome coverage, and detailed sequence-level identification. After obtaining the data, they can be analysed by specific software (e.g., PEAKS) and matched to publicly available avian sequence data from NCBI (accessible at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>). In this way, we can not only achieve more refined taxonomic identifications but also access the amino acid sequences of potential species-specific markers and confirm their suitability as unique biomarkers for further ZooMS analyses. For example, the combined use of MALDI-TOF and LC-MS/MS on eggshells from Shubayqa 6 provides strong evidence for the presence of swans (*Cygnus* spp.) and cranes (*Grus*) during the Pleistocene–Holocene transition (Yeomans et al., 2024). The study also suggests that swans may have bred at the site during the Final Natufian period, potentially indicating a southward shift in their breeding range. Furthermore, the taxonomic identification of eggshells through proteomics, together with the zooarchaeological analysis of bird remains, indicates a dominance of waterfowl and supports the interpretation of year-round water availability at the wetland during the Late Pleistocene and Early Holocene.

Bones

Bird bones are pneumatic structures that contain air sacs, allowing birds to have a lighter skeleton for flight while maintaining strength (Serjeantson, 1996). Like any other animal bones, bird bones are also composed of both inorganic and organic materials. While the inorganic part is primarily hydroxyapatite—a crystalline form of calcium phosphate that provides rigidity—the collagen of structural proteins dominates the organic component. One of these structural proteins, called type I collagen (COL1), is the most abundant, accounting for roughly 80% of the total protein content (Buckley et al., 2009; Codlin et al., 2022; Richter et al., 2022).

When analyzing unidentified bird bones in archaeological contexts, ZooMS targets and extracts type I collagen (COL1) from the bones. The collagen is then enzymatically digested into peptides, which are chains of amino acids. As seen above for eggshell, MALDI-TOF MS is used for the analysis: the peptides are ionized, allowing them to pass through the TOF mass analyser, where their m/z are recorded. Because the amino acid sequence of collagen varies between species, these fingerprints can be compared to reference spectra from known species enabling accurate taxonomic identification (Buckley et al., 2009; Codlin et al., 2022; Collins et al., 2010; Eda et al., 2020; Peters et al., 2021). Although laboratory protocols may vary depending on the institution or research objective, a general ZooMS workflow is presented in Figure 5.

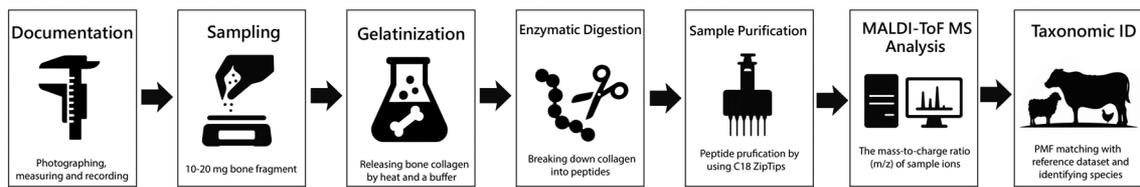


Figure 5: Diagram showing a generic workflow of Zooarchaeology by Mass Spectrometry (ZooMS) analysis on animal bones.

ZooMS has proven especially valuable for resolving long-standing challenges in taxonomic discrimination. It has been successfully applied to differentiate closely related taxa, including equids (e.g., *Equus caballus* and *Equus asinus*; Paladugu et al., 2023) and caprines (*Ovis* and *Capra*; Buckley et al., 2010; Collins & Spindler, 2016; Jeanjean et al., 2023). Furthermore, it is a powerful analytical tool for identifying unidentifiable, fragmentary animal bones, typically achieving family and genus level taxonomic resolution. Welker et al. (2015) demonstrated that ZooMS is highly effective for identifying previously unidentifiable bone fragments, achieving a 91.6% success rate at the Middle–Upper Paleolithic transitional site of Les Cottés in France. Their findings also highlighted how reconstructing faunal ecology and taxonomic composition is crucial for understanding key phases of human evolution. Additionally, studying these biomolecules is a powerful tool for gaining insight into bone manufacturing practices and the preferred faunal resources for artifact making. Several studies have shown that bone artefacts are well suited to ZooMS-based taxonomic identification, enabling researchers to determine the animal species used in tool production and to reconstruct choices of raw materials, technological behaviors, and broader subsistence strategies (Antonosyan et al., 2025; Desmond et al., 2018; McGrath et al., 2019).

Although ZooMS studies on bird bones are still limited, the available research provides valuable insights into past human–bird interactions as well as paleoenvironmental conditions. For example, applying this collagen peptide–fingerprinting approach to 295 bones from Tlajinga in Teotihuacan, Mexico, revealed extensive exploitation of aquatic species during the Classic period (ca. 100 BCE–550/600 CE) (Codlin et al., 2022). Identifying such a wide range of exploited bird species is significant because it suggests that the residents of Tlajinga employed a diversified animal exploitation strategy rather than specializing in a limited taxon or ecological niche. Moreover, it is useful for refined taxonomic identification to confirm possible domestication, as demonstrated by Choy et al. (2025), combining both ZooMS and stable isotope analysis. Choy et al. (2025) applied ZooMS to fourteen Phasianidae bones from the Gungok-ri site in southwestern Korea, dated to the 3rd century BCE–5th century AD. Due to ongoing debate about the introduction of domesticated chickens during this period, it was unclear whether the morphologically identified avian remains represented wild or domestic chickens. Using ZooMS, and specifically several diagnostic peaks at 1604.8 and 1620.8 m/z (+1), they identified five of

the fourteen Phasianidae specimens as chicken (*Gallus gallus*). They also conducted carbon and nitrogen isotope analyses and observed elevated $\delta^{15}\text{N}$ values (4–5‰) in the specimens, which they interpreted as evidence of consumption of anthropogenic food sources, supporting their domesticated status. In another example, applying ZooMS to distinguish Japanese archaeological chickens and indigenous pheasants confirmed the accuracy of earlier morphological identifications (Eda et al., 2020). This further highlights the technique's potential to achieve not only family or genus level taxonomic identifications but, in some cases, species level identifications. However, species level identification in birds remains challenging due to the slow evolutionary rate of collagen type I (COL1) and substantial intraspecies proteomic variability. Despite these limitations, ongoing efforts to better characterize avian collagen diversity show promising results (see Codlin et al., 2022; Codlin et al., 2025; Eda et al., 2020).

Conclusion & Future Notes

The study of archaeological avifauna in Türkiye offers valuable insights into both past human behavior and environmental conditions. Morphological analyses of bird bones and eggshells, combined with paleoproteomics, have the potential to significantly advance our understanding of prehistoric bird exploitation, seasonal behaviors, and ecological preferences. Our meta-data analysis highlights a persistent gap in avian identifications across Anatolian archaeological assemblages, despite the general growth of zooarchaeological research in the last decades. This gap underscores the need for increased specialization in ornithoarchaeology, more comprehensive reference collections, and the integration of novel biomolecular approaches such as ZooMS and eggshell proteomics.

Paleoproteomics, in particular, represents a transformative tool for ornithoarchaeology. Despite logistical constraints, including limited access to specialized analytical facilities and high financial costs, as well as methodological and theoretical challenges such as restricted taxonomic resolution and difficulties in achieving species-level identification due to high intraspecific protein variability, the field continues to develop rapidly and remains highly valuable. Enabling the taxonomic identification of highly fragmented and morphologically unidentifiable bird bones and eggshells, it allows researchers to recover previously inaccessible data on past bird species distribution, early bird domestication, and symbolic practices and the roles of both humans and other species in shaping their environments, as demonstrated by Yeomans et al. (2024). Furthermore, morphological analysis of eggshells and osteomorphological analysis of bird bones are already useful for the taxonomic identification of avifaunal assemblages. However, when combined with paleoproteomics, taxonomic identification becomes much more reliable. Once reliable taxonomic identification is achieved, further morphological analyses of bones and eggshells can provide insights into human social and economic preferences (e.g., the use of specific bones of specific species as tools or the identification of breeding patterns of specific

bird species based on late incubation stages inferred from their eggshell remains). Table 1 summarizes selected case studies along with their research questions and methodological approaches. In some of these cases, the studies apply combined methods, particularly paleoproteomics together with eggshell morphological analyses (e.g., SEM). As indicated by these case studies, these techniques not only complement traditional morphological approaches but also open new avenues for investigating avian contributions to past human diets, cultural practices, and paleoenvironmental reconstructions.

Table 1. Table summarizing selected studies that integrated ZooMS, morphological, and isotopic analyses to investigate key aspects of past human–bird interactions.

Research question	Case study	Methods	Material	Source
Testing the potential of methods and early bird management	Çatalhöyük (Neolithic)	ZooMS & SEM	Eggshell	Best & Demarchi, 2015
Symbolic and economic role of birds at the site	Çatalhöyük (Neolithic)	ZooMS & SEM	Eggshell	Demarchi et al., 2020
Mutual ecologies of human-bird and construction of the human niche	Shubayqa (Natufian)	ZooMS & SEM	Eggshell, Bone	Yeomans et al., 2024
Developing a database for avian biomarkers and understanding the bird exploitation at the site	Tlajinga (ca. 100 BCE–550/600 CE)	ZooMS & Zooarchaeology	Bone	Codlin et al., 2022
Domestication of chicken in the region	Gungok-ri (3rd c. BCE – 5th c. AD)	ZooMS & Isotope analysis	Bone	Choy et al., 2025
Distinguishing between Japanese archaeological chickens and indigenous pheasants	Hiroshima castle (16th century AD)	ZooMS	Bone	Eda et al., 2020

To create a more holistic picture of bird–human interactions in prehistoric Türkiye, future research should prioritize:

- Revising recovery methods to adopt more cautious techniques during excavation. For example, keeping sieving and flotation methods as high as possible, particularly for key contexts such as middens, occupation deposits, and pit fills.
- Building up an ornithological reference collection beginning with the major taxonomic groups and gradually expanding it to encompass as many bird species as possible.
- Promoting education and inspiring students to develop an interest in specialized fields such as zooarchaeology, ornithoarchaeology, paleoproteomics, and paleoecological modeling.

- Investigating the ecological and cultural significance of identified bird taxa, including their role in subsistence, ritual, and symbolic practices, and combining them with paleoclimatic and paleoecological models to better understand species-specific responses to environmental change and human impact.

To summarize, archaeological avifauna in Türkiye has great potential to shed light on historical human-bird interactions and offer a multifaceted understanding of past lifeways and paleoecology, as our meta-data analysis highlights. This study further highlights the increasing number of interdisciplinary research that integrate traditional zooarchaeological approaches with emerging methodologies such as paleoproteomic analyses of eggshells and bones, enhances taxonomic identification and expands the range of information that can be recovered from highly fragmented faunal remains. In light of Türkiye's status as a critical geographical and ecological crossroads, fostering specialized avifaunal research and incorporating rapidly evolving biomolecular approaches will not only advance reconstructions of the past but also provide deeper insights into future ecological dynamics.

Acknowledgements

The authors would like to thank all the authors whose publications contributed to the meta-data analysis, and especially those who made their zooarchaeological datasets openly accessible. We are also grateful to Jan Dekker for his time, and insightful feedback on the paleoproteomics section. Our sincere thanks for our colleagues at the ArchaeoBiomic Laboratory at the University of Turin for their support and collaboration.

We acknowledge the funding provided by the European Union (ERC-2023-COG HORIZON AviArch, 101125532); the views and opinions expressed, however, are those of the author only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Research Council. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

References

- Akgül, H. Ç., & Dincer, B. (2021). Koskarlı Cave: The first Late Pleistocene/Early Holocene site in the eastern Black Sea region of Turkey. *Archaeological Research in Asia*, 27, 100306. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2021.100306>
- Akurgal, E. (1961). *Die Kunst Anatoliens von Homer bis Alexander*. Berlin, Germany: De Gruyter.
- Altınbilek-Algül, Ç., Kayci, O., & Balcı, S. (2022). A New Epipalaeolithic Site in the Central Taurus Mountains: Eşek Deresi Cave (Mersin/Turkey). *ArchéOrient-Le Blog*, 18(2022), 1-9. <https://doi.org/10.15184/aqy.2025.10170>
- Antonosyan, M., Mkrtchyan, S., Amano, N., Davtyan, R., Yeranyan, N., Badalyan, M., & Yepiskoposyan, L. (2025). Species identification of osseous museum artefacts through peptide mass fingerprinting illustrated by a study on objects from Neolithic to Iron Age Armenia. *Heritage Science*, 13(1), 152. <https://doi.org/10.1038/s40494-025-01763-2>

- Arbuckle, B. S., & Erek, C. M. (2012). Late Epipaleolithic hunters of the central taurus: Faunal remains from Direkli cave, Kahramanmaraş, Turkey. *International Journal of Osteoarchaeology*, 22(6), 694-707. <https://doi.org/10.1002/oa.1230>
- Arslangündoğdu, Z. (2005). İstanbul-Belgrad Ormanı'nın ornitofaunası üzerinde araştırmalar [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. İstanbul Üniversitesi.
- Atıcı, L. (2011). *Before the revolution: Epipaleolithic subsistence in the western Taurus Mountains, Turkey*. British Archaeological Reports.
- Baird, D. (2012). Pınarbaşı: From Epipalaeolithic campsite to sedentarising village in central Anatolia. In M. Özdoğan, N. Başgelen, & P. Kuniholm (Eds.), *The Neolithic in Turkey, Vol. 3. New excavations and new research: Central Turkey* (pp. 181-218). Archaeology & Art Publications.
- Barrett, G. C., & Elmore, D. T. (1999). *Amino Acids, Peptides and Proteins*. Cambridge University Press.
- Beacham, E. B., & Durand, S. R. (2007). Eggshell and the archaeological record: new insights into turkey husbandry in the American Southwest. *Journal of Archaeological Science*, 34(10), 1610-1621. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.11.015>
- Becking, J. H. (1975). The ultrastructure of the avian eggshell. *Ibis*, 117(2), 143-151. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1975.tb04201.x>
- Best, J., Presslee, S., & Demarchi, B. (2015). The avian eggshell from Çatalhöyük. In S. D. Haddow (Ed.), *Çatalhöyük 2015 Archive Report* (pp. 111-115). Çatalhöyük Research Project.
- Biltekin, D., Eriş, K. K., Schachner, A., Yakupoğlu, N., & Yakupoğlu, C. (2025). Late Holocene vegetation dynamics and climate variations through pollen analysis of sediments from Lake Sülük (Çorum, Türkiye). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 334, 105280. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2025.105280>
- Birben, Ü., & Gençay, G. (2019). Bio-smuggling in Turkey. *Crime, Law and Social Change*, 71(4), 345-364. <https://doi.org/10.1007/s10611-018-9794-7>
- Bochenski, Z. M., & Tomek, T. (1995). How many comparative skeletons do we need to identify a bird bone. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 181, 357-361.
- Boev, Z. (1993). Archo-ornithology and the synanthropisation of birds: A case study for Bulgaria. *Archaeofauna*, 2, 145-153. <https://doi.org/10.15366/archaeofauna1993.2.013>
- Boyla, K. A., Kirwan, G. M., Demirci, B., Welch, H., Özen, M., Castell, P., & Marlow, T. (2025). *Türkiye Kuşlarının Doğa Tarihi*. Retrieved December 14, 2025, from <https://keremaliboyla.github.io/turkiye-kuslari/>
- Buckley, M., Collins, M., Thomas-Oates, J., & Wilson, J. C. (2009). Species identification by analysis of bone collagen using matrix-assisted laser desorption/ionisation time-of-flight mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry: An International Journal Devoted to the Rapid Dissemination of Up-to-the-Minute Research in Mass Spectrometry*, 23(23), 3843-3854. <https://doi.org/10.1002/rcm.4316>
- Buckley, M., Kansa, S. W., Howard, S., Campbell, S., Thomas-Oates, J., & Collins, M. (2010). Distinguishing between archaeological sheep and goat bones using a single collagen peptide. *Journal of Archaeological Science*, 37(1), 13-20. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.08.020>
- Butcher, G. D., & Miles, R. (1990). Concepts of eggshell quality. *Journal International IFAS Extension. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. Gainesville FL*, 32611, 1-2.

- Cappellini, E., Jensen, L. J., Szklarczyk, D., Ginolhac, A., da Fonseca, R. A., Stafford Jr, T. W., Holen, S. R., Collins, M. J., Orlando, L., Willerslev, E., Gilbert, M. T. P., & Olsen, J. V. (2012). Proteomic analysis of a pleistocene mammoth femur reveals more than one hundred ancient bone proteins. *Journal of proteome research*, 11(2), 917-926. <https://doi.org/10.1021/pr200721u>
- Carey, C. (2009). The impacts of climate change on the annual cycles of birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1534), 3321-3330. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0182>.
- Chen, I.-C., Hill, J. K., Ohlemüller, R., Roy, D. B., & Thomas, C. D. (2011). Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science*, 333(6045), 1024–1026. <http://doi.org/10.1126/science.1206432>
- Choy, K., Songyi, B., Hyounggon C., Joo Hee, Y., Hee Young, W., & Eun, J. (2025). Biomolecular Evidence of Ancient Chickens on the Korean Peninsula: Zooms Analysis of Avian Remains from the Gungok-Ri Site, South Korea. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5341940>
- Clayburn, J. K., Smith, D. L., & Hayward, J. L. (2004). Taphonomic effects of pH and temperature on extant avian dinosaur eggshell. *Palaios*, 19(2), 170-177.
- Clutton-Brock, J. (1992). The process of domestication. *Mammal Review*, 22(2), 79-85.
- Codlin, M. C., Douka, K., & Richter, K. K. (2022). An application of zooms to identify archaeological avian fauna from Teotihuacan, Mexico. *Journal of Archaeological Science*, 148, 105692. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2022.105692>
- Codlin, M., Yeomans, L., Stiller, J., & Demarchi, B. (2025). New avian protein sequences improve resolution of palaeoproteomic approaches to taxonomic identification & reveal widespread intraspecies variability. *Nature Communications* 16, 8820. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-63886-1>
- Collins, M., Buckley, M., Grundy, H. H., Thomas-Oates, J., Wilson, J., & van Doorn, N. (2010). ZooMS: the collagen barcode and fingerprints. *SpectroscopyEurope*, 22(2), 6.
- Collins, M. J. & Riley, M. S. (2000). Amino acid racemization in biominerals: The impact of protein degradation and loss. In G. Goodfriend, M. J. Collins, & M. Fogel (Eds.), *Perspectives in Amino Acid and Protein Geochemistry* (pp. 120–141). Oxford University Press.
- Collins, M., & Spindler, L. (2016). Odense Bone and Comb Fragments. Zooarchaeology by Mass Spectrometry (ZooMS) Report: Unpublished. Report, BioArCh Report Number: KH092016. University of York.
- Coutu, A. N., Whitelaw, G., Le Roux, P., & Sealy, J. (2016). Earliest evidence for the ivory trade in southern Africa: Isotopic and ZooMS analysis of seventh–tenth century AD ivory from KwaZulu-Natal. *African Archaeological Review*, 33(4), 411-435. <https://doi.org/10.1007/s10437-016-9232-0>
- Crabbé, A., Mikeska, C. A., Pişkin, E., de Kock, W., & Çakırlar, C. (2025). Ploughing through pathologies: Traction-related bone deformations in cattle as indicators of changes in political economies in Bronze and Iron Age Anatolia. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 64, 105100. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2025.105100>
- Çakırlar, C., Koolstra, F. J., & Ikram, S. (2021). Tracking turtles in the past: Zooarchaeological evidence for human-turtle interactions in the ancient Eastern Mediterranean. *Antiquity*, 95(379), 125–141. <https://doi.org/10.15184/aqy.2020.95>
- Çelik, B. (2011). Karahan Tepe: a new cultural centre in the Urfa area in Turkey. *Documenta Praehistorica*, 38, 241-254. <https://doi.org/10.4312/dp.38.19>

- Çilingiroğlu, Ç., Kaczanowska, M., Kozłowski, J. K., Dinçer, B., Çakırlar, C., & Turan, D. (2020). Between Anatolia and the Aegean: Epipalaeolithic and Mesolithic Foragers of the Karaburun Peninsula. *Journal of Field Archaeology*, 45(7), 479-497. <https://doi.org/10.1080/00934690.2020.1786929>
- De Cupere, B., Thys, S., Van Neer, W., Ervynck, A., Corremans, M., & Waelkens, M. (2009). Eagle owl (*Bubo bubo*) pellets from Roman Sagalassos (SW Turkey): Distinguishing the prey remains from nest and roost sites. *International Journal of Osteoarchaeology*, 19(1), 1–22. <https://doi.org/10.1002/oa.965>
- Demarchi, B. (2020). *Amino acids and proteins in fossil biominerals: an Introduction for archaeologists and palaeontologists*. New Jersey, US: John Wiley & Sons.
- Demarchi, B., Collins, M. J., Tomiak, P. J., Davies, B. J., & Penkman, K. E. H. (2013). Intra-crystalline protein diagenesis (IcPD) in *Patella vulgata*. Part II: Breakdown and temperature sensitivity. *Quaternary Geochronology* 16, 158–172. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2012.08.001>
- Demarchi, B., Hall, S., Roncal-Herrero, T., Freeman, C. L., Woolley, J., Crisp, M. K., Wilson, J., Fotakis, A., Fischer, R., Kessler, B. M., Rakownikow Jersie-Christensen, R., Olsen, J. V., Haile, J., Thomas, J., Marean, C. W., Parkington, J., Presslee, S., Lee-Thorp, J., Ditchfield, P., Hamilton, J. F., Ward, M. W., Wang, C. M., Shaw, M. D., Harrison, T., Domínguez-Rodrigo, M., MacPhee, R. D. E., Kwekason, A., Ecker, M., Kolska Horwitz, L., Chazan, M., Kröger, R., Thomas-Oates, J., Harding, J. H., Cappellini, E., Penkman, K., & Collins, M. J. (2016). Protein sequences bound to mineral surfaces persist into deep time. *eLife*, 5e17092. <https://doi.org/10.7554/eLife.17092>
- Demarchi, B., Presslee, S., Gutierrez-Zugasti, I., Gonzalez-Morales, M., Marin-Arroyo, A. B., Straus, L. G., & Fischer, R. (2019). Birds of prey and humans in prehistoric Europe: A view from El Mirón Cave, Cantabria (Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 24, 244-252. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.01.010>
- Demarchi, B., Presslee, S., Sakalauskaite, J., Fischer, R., & Best, J. (2020). The role of birds at Çatalhöyük revealed by the analysis of eggshell. *Quaternary International*, 543, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.02.009>
- Desmond, A., Barton, N., Bouzouggar, A., Douka, K., Fernandez, P., Humphrey, L., Morales, J., Turner, E., & Buckley, M. (2018). ZooMS identification of bone tools from the North African Later Stone Age. *Journal of Archaeological Science*, 98, 149-157. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.08.012>
- Devictor, V., Julliard, R., Couvet, D., & Jiguet, F. (2008). Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1652), 2743–2748. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0878>
- Ebsen, J. A., Haase, K., Larsen, R., Sommer, D. V. P., & Brandt, L. Ø. (2019). Identifying archaeological leather—discussing the potential of grain pattern analysis and zooarchaeology by mass spectrometry (ZooMS) through a case study involving medieval shoe parts from Denmark. *Journal of Cultural Heritage*, 39, 21-31. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.04.008>
- Eda, M., Morimoto, M., Mizuta, T., & Inoué, T. (2020). ZooMS for Birds: Discrimination of Japanese Archaeological Chickens and Indigenous Pheasants Using Collagen Peptide Fingerprinting. *Journal of Archaeological Science: Reports* 34, 102635. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102635>
- Elvan, O. D., Arslangündoğdu, Z., & Birben, Ü. (2022). Conserving migratory birds of Turkey: Role of the international legal framework. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(5), 320. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09971-0>

- Emra, S., Benz, M., Siddiq, A. B., & Özkaya, V. (2022). Adaptions in subsistence strategy to environmental changes across the Younger Dryas–Early Holocene boundary at Körtiktepe, Southeastern Turkey. *The Holocene*, 32(5), 390–413. <https://doi.org/10.1177/09596836221074030>
- Fiddymment, S., Holsinger, B., Ruzzier, C., Devine, A., Binois, A., Albarella, U., Fischer, R., Nichols, E., Curtis, A., Cheese, E., Teasdale, M. D., Checkley-Scott, C., Milner, S. J., Rudy, K. M., Johnson, E. J., Vnouček, J., Garrison, M., McGrory, S., Bradley D. G., & Collins, M. J. (2015). Animal origin of 13th-century uterine vellum revealed using noninvasive peptide fingerprinting. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(49), 15066-15071. <https://doi.org/10.1073/pnas.1512264112>
- Gál, E. (2006). The role of archaeo-ornithology in environmental and animal history studies. In E. Jerem, Zs. Mester, & R. Benczes (Eds.), *Archaeological and cultural heritage preservation in the light of new technologies* (pp. 49–62). Budapest Archaeolingua.
- Gu, Z., Dixon, A., & Zhan, X. (2024). Genetics and evolution of bird migration. *Annual Review of Animal Biosciences*, 12(1), 21–43. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021122-092239>
- Gündem, C. Y. (2024). Earliest mule remains from Early Bronze Age Central Anatolia. *Animals*, 14(10), 1397. <https://doi.org/10.3390/ani14101397>.
- Hendy, J., Welker, F., Demarchi, B., Speller, C., Warinner, C., & Collins, M. J. (2018). A guide to ancient protein studies. *Nature ecology & evolution*, 2(5), 791-799. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0510-x>
- Hicks, M., Anamthawat-Jónsson, K., & Einarsson, Á. (2023). The identification of bird eggshell by scanning electron microscopy. *Journal of Archaeological Science*, 151, 105712. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2022.105712>
- Higgins, J. (1999). Túnel: A case study of avian zooarchaeology and taphonomy. *Journal of Archaeological Science*, 26(12), 1449–1457. <https://doi.org/10.1006/jasc.1999.0429>
- Hollemeyer, K., Altmeyer, W., Heinzle, E., & Pitra, C. (2008). Species identification of Oetzi's clothing with matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry based on peptide pattern similarities of hair digests. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 22(18), 2751-2767. <https://doi.org/10.1002/rcm.3679>
- Jeanjean, M., McGrath, K., Valenzuela-Lamas, S., Nieto-Espinete, A., Schaffberg, R., Parés-Casanova, P. M., Jiménez-Manchón, S., Guintard, C., Tekkouk, F., Ridouh, R., Mureau, C., & Evin, A. (2023). ZooMS confirms geometric morphometrics species identification of ancient sheep and goat. *Royal Society Open Science*, 10(9), 230672. <https://doi.org/10.1098/rsos.230672>
- Kabukcu, C., & Asouti, E. (2022). Early to mid-Holocene vegetation history and human settlement in Anatolia. In C. Roosevelt & J. Haldon (Eds). *Winds of Change: Environment and Society in Anatolia* (pp. 65–83). Koç University Press.
- Karul, N. (2020). The beginning of the Neolithic in Southeast Anatolia: Upper Tigris Basin. *Documenta Praehistorica*, 47. <https://doi.org/10.4312/dp.47.5>
- Keepax, C. A. (1977). Identification of avian eggshell from archaeological sites and the potential use of the scanning electron microscope. *Ancient Monuments Laboratory Report No. 2415*. England.
- Keepax, C. A. (1981). Avian eggshell from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science*, 8(4), 315-335. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(81\)90032-7](https://doi.org/10.1016/0305-4403(81)90032-7)
- Kessel, A., & Ben-Tal, N. (2018). Introduction to proteins: structure, function, and motion. *Chapman and Hall/CRC*. <https://doi.org/10.1201/9781315113876>

- Kirwan, G., Demirci, B., Welch, H., Boyla, K., Özen, M., Castell, P., & Marlow, T. (2008). *The birds of Turkey*. Christopher Helm London.
- Kodaş, E. (2023). The younger Dryas layer at Boncuklu Tarla and the beginning of village life in the upper Tigris Basin. *Archaeological Research in Asia*, 35, 100460. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2023.100460>
- Kodaş, E., Genç, B., Çiftçi, Y., Kodaş, C. L., & Erdem, Ç. (2020). Çemka Höyük: A late Epipalaeolithic and pre-pottery Neolithic site on the upper Tigris, Southeast Anatolia. *NEO-LITHICS: The Newsletter of Southwest Asian Neolithic Research*, 20, 40-46.
- Kolbükten, M., Biltekin, D., Arıkan, B., & Yakupoğlu, N. (2025). Vegetation and climate patterns of western Türkiye since the late Last Glacial Period based on a new pollen record in the Aegean Sea. *Quaternary International*, 742, 109900. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2025.109900>
- Kost, C., & Hussain, S. T. (2019). Archaeo-ornithology: Towards an archaeology of human–bird interfaces. *Environmental Archaeology*, 24(4), 337–358. <https://doi.org/10.1080/14614103.2019.1590984>
- Kökten, K. (1959). Tarsus-Antalya Arası Sahil Şeridi Üzerinde ve Antalya Bölgesinde Yapılan Tarihöncesi Araştırmaları. *Türk Arkeoloji Dergisi*, 11, 10-19.
- Kuzucuoğlu, C. (2013). Geomorphology of the Melendiz River in Cappadocia (Turkey): Setting of pre-pottery Neolithic sites of Aşıklı and Musular, and climate reconstruction during the onset of the Holocene. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 36, 95–105. <https://doi.org/10.4461/GFDQ.2013.36.7>
- Machado, D. O. B. F., Coe, H. H. G., Bandeira, D. D. R., Souza, R., Rasbold, G. G., Chueng, K.F. & De Sá, J. C. (2025). Palaeoenvironmental reconstruction through phytolith analysis in the Casa de Pedra shell mound archaeological site, São Francisco do Sul, Santa Catarina, Brazil. *Vegetation History and Archaeobotany*, 34(2), 225–237. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1633457/v1>
- Marston, J. M., Çakırlar, C., Luke, C., Kováčik, P., Slim, F. G., Shin, N., & Roosevelt, C. H. (2022). Agropastoral economies and land use in Bronze Age western Anatolia. *Environmental Archaeology*, 27(6), 539–553. <https://doi.org/10.1080/14614103.2021.1918485>
- McGrath, K., Rowsell, K., Gates St-Pierre, C., Tedder, A., Foody, G., Roberts, C., Speller, C., & Collins, M. (2019). Identifying archaeological bone via non-destructive ZooMS and the materiality of symbolic expression: examples from Iroquoian bone points. *Scientific reports*, 9(1), 11027. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47299-x>
- Mellink, M. J. (1964). A votive bird from Anatolia. *Expedition*, 6(2), 28. Penn Museum.
- Morales-Muñiz, A. M. (1993). Ornithoarchaeology: The various aspects of the classification of bird remains from archaeological sites. *Archaeofauna*, 2, 1–13. <https://doi.org/10.15366/archaeofauna1993.2.001>
- Onar, V., Alpak, H., Pazvant, G., Armutak, A., & Chrószcz, A. (2012). Byzantine horse skeletons of Theodosius Harbour: 1. Paleopathology. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 163(3), 139–146.
- Onar, V., Köroğlu, G., Armutak, A., Öncü, Ö. E., Siddiq, A. B., & Chrószcz, A. (2021). A cat skeleton from the Balatlar Church excavation, Sinop, Turkey. *Animals*, 11(2), 288. <https://doi.org/10.3390/ani11020288>
- Ökse, A. T. (2021). Ambar Dam Salvage Excavations 2018-2020: Ambar Höyük, Gre Filla, and Kendale Hecala. In Steadman, S. & McMahon, G. (Eds). *The Archaeology of Anatolia, Volume IV: Recent Discoveries (2018–2020)* (pp. 4-20). Cambridge Scholars.

- Özbasaran, M., & Duru, G. (2011). Akarçay Tepe. A PPNB and PN settlement in Middle Euphrates-Urfa. In M. Özdoğan, N. Başgelen, & P. Kuniholm (Eds). *The Neolithic in Turkey*, 2 (pp. 165-202). Archaeology & Art Publications.
- Özbaşaran, M., & Duru, G. (2015). The early sedentary community of Cappadocia: Aşıklı Höyük. *La Cappadoce Méridionale, de la Préhistoire à la Période Byzantine: 3e Rencontres d'archéologie de l'IFEA*, 43-51. Institut français d'études anatoliennes. <https://doi.org/10.4000/books.ifeagd.3237>
- Özdoğan, E. (2024). Sayburç a mid-9th millennium BC site in the foothills of the Eastern Taurus. *Documenta Praehistorica*, 51, 44-58. <https://doi.org/10.4312/dp.51.23>
- Özdoğan, M. (2014). Anatolia: From the pre-pottery Neolithic to the end of the Early Bronze Age (10,500-2000 BCE). *The Cambridge World Prehistory*, 3, 1508-1544. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CHO9781139017831>
- Özkaya, V., & Coşkun, A. (2011). Körtik Tepe. In M. Özdoğan, N. Başgelen, & P. Kuniholm (Eds.), *The Neolithic of Turkey* 1 (pp. 89-127). Archaeology & Art Publications.
- Paladugu, R., Richter, K. K., Valente, M. J., Gabriel, S., Detry, C., Warinner, C., & Dias, C. B. (2023). Your horse is a donkey! Identifying domesticated equids from Western Iberia using collagen fingerprinting. *Journal of Archaeological Science*, 149, 105696. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2022.105696>
- Peters, C., Richter, K. K., Manne, T., Dortch, J., Paterson, A., Travouillon, K., Louys, J., Price, G.J., Petraglia, M., Crowther, A., & Boivin, N. (2021). Species Identification of Australian Marsupials Using Collagen Fingerprinting. *Royal Society Open Science*, 8(10), 211229. <https://doi.org/10.1098/rsos.211229>
- Peters, J., von den Driesch, A., Pöllath, N., & Schmidt, K. (2005). Birds in the megalithic art of pre-pottery Neolithic Göbekli Tepe, Southeast Turkey. *Documenta Archaeobiologiae*, 3, 223-234.
- Pöllath, N., & Peters, J. (2023). Distinct modes and intensity of bird exploitation at the dawn of agriculture in the Upper Euphrates and Tigris River basins. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 15(10), 154. <https://doi.org/10.1007/s12520-023-01841-1>
- Pöllath, N., & Peters, J. (2024). Early Neolithic avifaunal remains from southeast Anatolia provide insight into Early Holocene species distributions and long-term shifts in their range. *Ibis*, 166(4), 1264-1279. <https://doi.org/10.1111/ibi.13341>
- Presslee, S., Wilson, J., Woolley, J., Best, J., Russell, D., Radini, A., Fischer, R., Kessler, B. Boano, R. Collins, M. & Demarchi, B. (2017). The identification of archaeological eggshell using peptide markers. *STAR: Science & Technology of Archaeological Research*, 3(1), 89-99. <https://doi.org/10.1080/20548923.2018.1424300>
- Reynolds, A. S. (2022). Proteins: Machines, Messengers, and Team Players. *Understanding Metaphors in the Life Sciences*, 48-66. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108938778>
- Richter, K. K., Codlin, M. C., Seabrook, M., & Warinner, C. (2022). A primer for ZooMS applications in archaeology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(20), e2109323119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2109323119>
- Roberts, N., Eastwood, W. J., Kuzucuoğlu, C., Fiorentino, G., & Caracuta, V. (2011). Climatic, vegetation and cultural change in the eastern Mediterranean during the mid-Holocene environmental transition. *The Holocene*, 21(1), 147-162. <https://doi.org/10.1177/0959683610386819>
- Russell, N. (2011). *Social zooarchaeology: Humans and animals in prehistory*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139019712>

- Russell, N. (2019a). Feathers and talons: Birds at Neolithic Çatalhöyük, Turkey. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11, 6393–6410. <https://doi.org/10.1007/s12520-018-0681-z>
- Russell, N. (2019b). Spirit birds at Neolithic Çatalhöyük. *Environmental Archaeology*, 24, 377–386. <https://doi.org/10.1080/14614103.2017.1422685>
- Russell, N. (2022). Changing use of birds across the agricultural transition at Pınarbaşı, Turkey. *Quaternary International*, 626, 43-51. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.10.077>
- Russell, N. (2025). Duck, Duck, Goose: Varying Goose Proportions in Late Pleistocene/Early Holocene Southwest Asia. *International Journal of Osteoarchaeology*, 1–16. <https://doi.org/10.1002/oa.70057>
- Russell, N., & McGowan, K. J. (2003). Çatalhöyük bird bones. In I. Hodder (Ed.), *Inhabiting Çatalhöyük: Reports from the 1995-1999 season* (pp. 99–110). British Institute at Ankara.
- Serjeantson, D. (1996). *A manual for the identification of bird bones from archaeological sites*. Archetype Publications. <https://doi.org/10.1080/00665983.1988.11077923>
- Serjeantson, D. (2009). *Birds*. Cambridge University Press. <http://doi.org/10.1002/9781119188230.saseas0064>
- Sherratt, A. G. (1983). The Secondary Products Revolution of animals in the Old World. *World Archaeology*, 15, 90–104. Taylor & Francis.
- Sichert, B. M., Rentzel, P., Demarchi, B., Best, J., Negri, A., & Deschler-Erb, S. (2019). Incubated eggs in a Roman burial? A preliminary investigation on how to distinguish between the effects of incubation and taphonomy on avian eggshell from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 26, 101845. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.05.010>
- Siddiq, A. B., Onar, V., Mutuş, R., & Poradowski, D. (2021). The Iron Age dogs from Alaybeyi Höyük, Eastern Anatolia. *Animals*, 11(4), 1163. <https://doi.org/10.3390/ani11041163>
- Sidell, E.J., (1993a). A methodology for the identification of avian eggshell from archaeological sites. *Archaeofauna*, 2, 45-51. <https://doi.org/10.15366/archaeofauna1993.2.005>
- Sidell, E.J., (1993b). *A Methodology for the Identification of Archaeological Eggshell*. Philadelphia, US: University of Pennsylvania.
- Sidell, E. J., & Scudder, C. (2005). The eggshell from Çatalhöyük. In I. Hodder (Ed.), *Inhabiting Çatalhöyük: Reports from the 1995-1999 season* (pp. 99–110). British Institute at Ankara.
- Simons, P. C. M. (1971). Ultrastructure of the hen eggshell and its physiological interpretation [Doktora Tezi]. Wageningen University and Research.
- Slim, F., & Çakırlar, C. (2023). Pigs and polities in Iron Age and Roman Anatolia: An interregional zooarchaeological analysis. *Quaternary International*, 662, 47–62. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2022.05.013>
- Spina, F., Baillie, S. R., Bairlein, F., Fiedler, W., & Thorup, K. (Eds.). (2022). *The Eurasian African Bird Migration Atlas*. EURING/CMS. <https://migrationatlas.org>
- Starkovich, B. M., & Stiner, M. C. (2009). Hallan Çemi Tepesi: High-ranked game exploitation alongside intensive seed processing at the Epipaleolithic-Neolithic transition in southeastern Turkey. *Anthropozoologica*, 44(1), 41-61. <https://doi.org/10.5252/az2009n1a2>
- Stewart, J. R., Allen, R. B., Jones, A. K., Penkman, K. E., & Collins, M. J. (2013). ZooMS: making eggshell visible in the archaeological record. *Journal of Archaeological Science*, 40(4), 1797-1804. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.11.007>

- Stiner, M. C., Buitenhuis, H., Duru, G., Kuhn, S. L., Mentzer, S. M., Munro, N. D. & Özbaşaran, M. (2014). A forager–herder trade-off, from broad-spectrum hunting to sheep management at Aşıklı Höyük, Turkey. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8404–8409. <https://doi.org/10.1073/pnas.132272311>
- Urquiza, S. V., & Echevarria, A. L. (2018). Zooarchaeology of flight: Avifauna resource from the southern Argentine Puna. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 18, 516–534. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.12.046>
- Üner, Ö., Boyla, K. A., Bacak, E., Birel, E., Çelikoba, I., Dalyan, C., Tabur, E. & Yardim, Ü., (2010). Spring migration of soaring birds over the Bosphorus, Turkey, in 2006. *Sandgrouse*, 32(1), 20-33. OSME.
- Van Neer, W., Fuller, B. T., Fahy, G. E., De Cupere, B., Bouillon, S., Uytterhoeven, I., & Richards, M. P. (2024). Early Byzantine fish consumption and trade revealed by archaeoichthyology and isotopic analysis at Sagalassos, Turkey. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 53, 104322. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.104322>
- Van Tuinen, M., Gourichon, L., Carter, A. L., Yener, K. A., Bulu, M., Akar, M., & Çakırlar, C. (2025). Human–bird interactions across time and space in a Bronze Age city: The case of Tell Atchana, Alalakh (Amuq Valley, Turkey). *International Journal of Osteoarchaeology*, 1–15. <https://doi.org/10.1002/oa.70047>
- Von Holstein, I. C., Ashby, S. P., Van Doorn, N. L., Sachs, S. M., Buckley, M., Meiri, M., Barnes, I., Brundle, A., & Collins, M. J. (2014). Searching for Scandinavians in pre-Viking Scotland: molecular fingerprinting of Early Medieval combs. *Journal of Archaeological Science*, 41, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.07.026>
- Warinner, C., Korzow Richter, K., & Collins, M. J. (2022). Paleoproteomics. *Chemical reviews*, 122(16), 13401-13446. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.1c00703>
- Welker, F., Soressi, M., Rendu, W., Hublin, J. J., & Collins, M. (2015). Using ZooMS to identify fragmentary bone from the late Middle/Early Upper Palaeolithic sequence of Les Cottés, France. *Journal of Archaeological Science*, 54, 279-286. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.12.010>
- Yeomans, L. (2025). Zooarchaeology of Managed, Captive, Tame, and Domestic Birds: Shifts in Human–Avian Relationships. *Journal of Archaeological Research*, 33, 587–628. <https://doi.org/10.1007/s10814-024-09206-5>
- Yeomans, L., Codlin, M. C., Mazzucato, C., Dal Bello, F., & Demarchi, B. (2024). Waterfowl eggshell refines palaeoenvironmental reconstruction and supports multi-species niche construction at the Pleistocene-Holocene transition in the Levant. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 31(3), 1383-1429. <https://doi.org/10.1007/s10816-024-09641-0>
- Zeder, M. A., & Spitzer, M. D. (2016). New insights into broad spectrum communities of the Early Holocene Near East: The birds of Hallan Çemi. *Quaternary Science Reviews*, 151, 140–159. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.08.024>

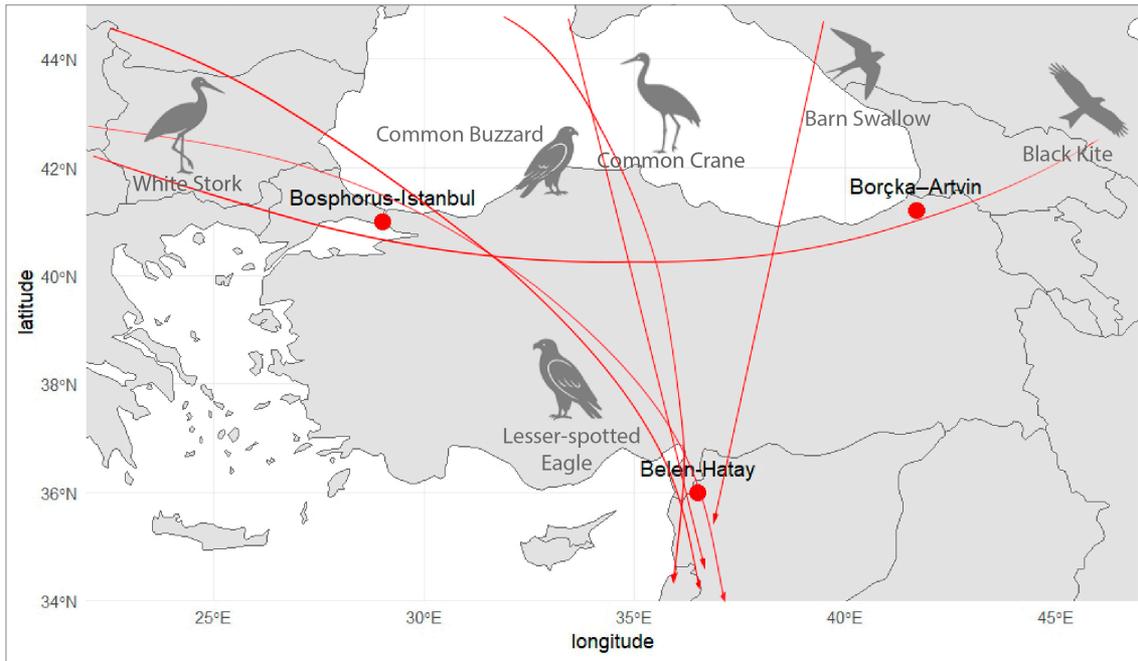


Figure 1: The illustrated map shows some of the migrant bird species and their migration routes across the main migration corridors in Türkiye (after Arslangünođdu, 2005; Elvan et al., 2022; Spina et al., 2022; Üner et al., 2010).

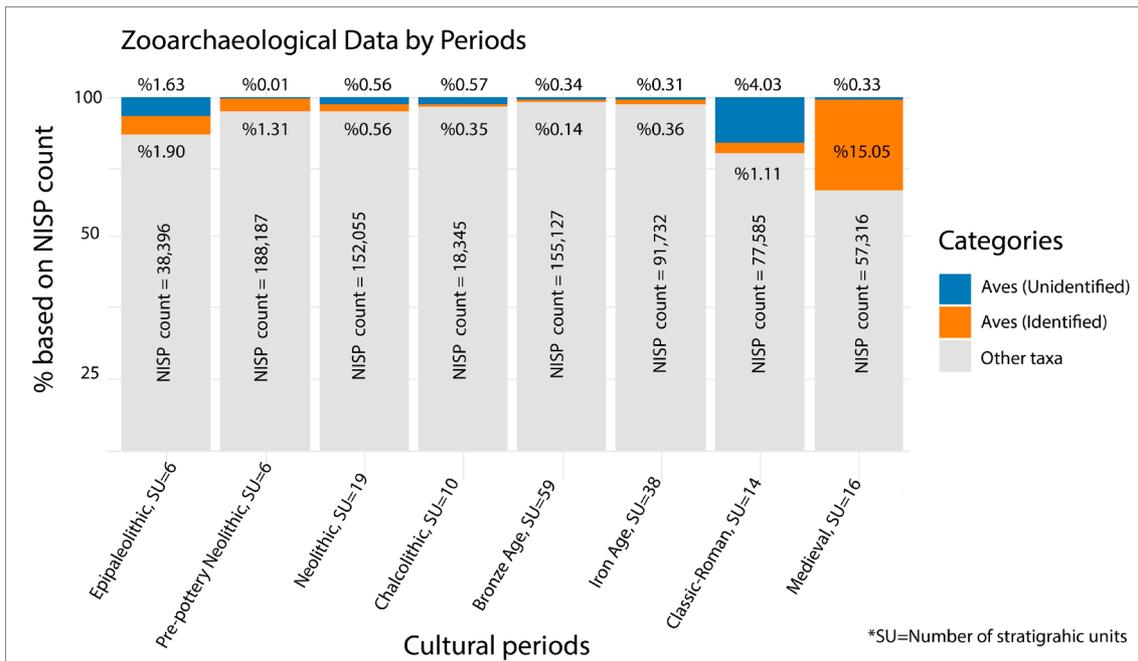


Figure 2: The relative abundance of identified (to family level and below) and unidentified bird species, and other species based on NISP counts.

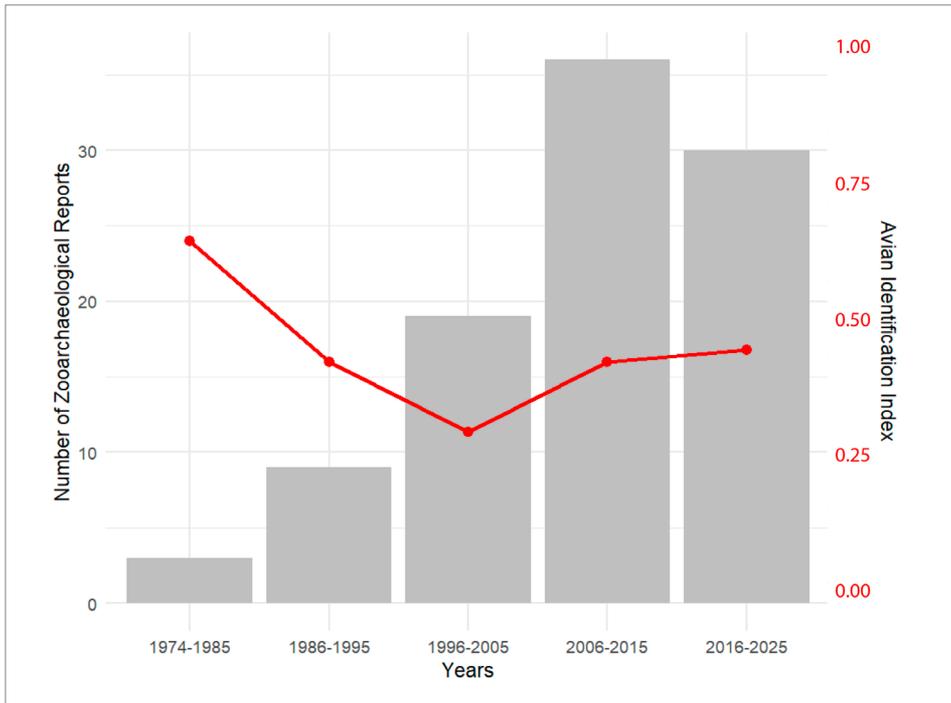


Figure 3: The number of zooarchaeological studies by decade is shown in the gray columns, while the Avian Identification Index (AII) across decades is represented by the red line.

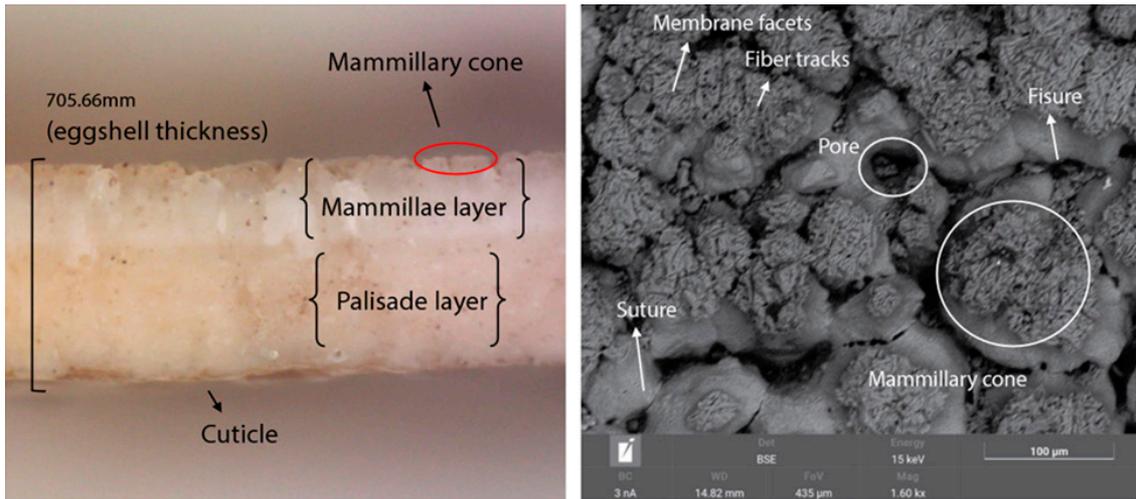


Figure 4: Digital microscopy image of an eggshell fragment from Neolithic Çatalhöyük showing the main morphological components in cross-section (*left*). Scanning Electron Microscopy (SEM) image showing the same fragment from top view (*right*). The sample was morphologically identified as *Anser*, ID: PALTO 3718A.

Derekutuğun Madenci Yerleşiminde Bulunan Hellenistik Dönem Kalıp Yapımı Kâseler

Tuba Özçam^a, Hatice Gönül Yalçın^b

Özet

Bu makalede, Çorum ili Bayat ilçesindeki ‘Derekutuğun Tarihöncesi Madenci Yerleşimi’nde bulunan Hellenistik Dönem kalıp yapımı kâseleri, tipolojik ve bezeme özellikleri açısından incelenmektedir. Yerleşim, Maziönü’nde bulunan ve tarihöncesi dönemlerden itibaren işlenen nabit bakır galerilerinden getirilen cevherin burada işlenmesiyle tanınmaktadır. Ancak Hellenistik Dönem tabakaları ve Hellenistik Dönem’e tarihlenen keramik buluntular nedeniyle, yerleşimin bu dönemde de iskân gördüğü açıktır. Bu çalışmanın kapsamında, kalıp yapımı kâselere ait oldukları belirlenen toplam 20 keramik parçası değerlendirilmiştir.

Hellenistik Dönem kalıp yapımı kâseler, MÖ 3.-1. yüzyıllar arasında Anadolu’da yaygın olarak üretilen, dış yüzeyleri kabartmalarla bezeli, seri üretim kaplar olarak tanımlanmaktadır. Derekutuğun Madenci Yerleşimi’nde bulunan ve makalede incelenen örneklerin dokuzu bitkisel bezemeli, üçü kenar bordürleri bitkisel bezekli, ikisi uzun taç yapraklı, geri kalan örnekler ise figürlü bezemelidir. Bezemelerde palmet, akantus ve stilize bitkisel motifler baskın olup, figürlü örnekler sınırlı sayılarıyla seçkin bir grubu temsil etmektedir.

Yerleşimde Hellenistik Dönem’e ait keramik üretimine işaret eden fırın, kalıp ya da üretim artığı gibi bulguların saptanmamış olması, söz konusu kapların yerel üretimden çok bölgesel ticaret ağları ya da geçiş güzergâhları aracılığıyla yerleşime ulaşmış olabileceğini düşündürmektedir. Bu durum, Derekutuğun Madenci Yerleşimi’nin Hellenistik Dönem’de bölgesel ve bölgeler arası keramik dolaşım ağlarıyla ilişkili bir konumda bulunduğuna işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Derekutuğun, Hellenistik Dönem, kalıp yapımı kâseler, bölgesel ve bölgeler arası keramik dolaşımı, Anadolu arkeolojisi

a Yüksek Lisans öğrencisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
Tubabetulozcam@gmail.com ; <https://orcid.org/0009-0007-6892-7792>

b Doç. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Arkeoloji Bölümü, Prehistorya Anabilim Dalı.
haticeyalcin@sdu.edu.tr ; <https://orcid.org/0000-0002-4559-7790>

Makale gönderim tarihi: 2 Ocak 2026; Makale kabul tarihi: 28 Ocak 2026

Abstract

This paper examines the mold-made bowls of the Hellenistic Period discovered at the 'Derekutuğun Prehistoric Mining Settlement' in Bayat, Çorum Province, in terms of their typological and decorative features. The settlement is primarily known for the processing of native copper ore obtained from galleries located just north of it in Maziönü during the prehistoric period. However, due to its Hellenistic layers and pottery findings dating to the Hellenistic Period, it is obvious that the site was also inhabited during this period. Within the scope of this study, a total of 20 pottery fragments identified as belonging to mold-made bowls were evaluated.

Hellenistic mold-made bowls, produced widely in Anatolia between the 3rd and 1st centuries BC, are defined as mass-produced vessels with embossed decorations on their outer surfaces. Of the examples found at the Derekutuğun Mining Settlement and analyzed in this article, nine feature vegetal decorations, three have vegetal motifs on their rim borders, two are of the long-palmette type, and the remaining examples bear figural decorations. The decorations are dominated by palmettes, acanthus, and stylized vegetal motifs, while the figural examples, due to their limited number, represent a select group.

The absence of evidence indicating Hellenistic Period ceramic production at the settlement, such as kilns, molds, or production waste, suggests that these vessels were more likely brought to the site through regional trade networks or transit routes rather than being locally produced. This indicates that the Derekutuğun Mining Settlement occupied a position connected to both regional and interregional ceramic circulation networks during the Hellenistic Period.

Keywords: Derekutuğun, Hellenistic Period, mould-made bowls, regional and interregional ceramic circulation and networks, Anatolian archaeology

Giriş

Bu makale, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Arkeoloji Anabilim Dalı'nda hazırlanma aşamasında olan 'Derekutuğun Tarihöncesi Madenci Yerleşiminde Bulunan Hellenistik Dönem Kalıp Yapımı Kâseler' başlıklı yüksek lisans tez çalışması kapsamındadır; çalışmanın konusunu oluşturan ve Hellenistik Dönem'e tarihlenen kalıp yapımı kâseler, Derekutuğun Madenci Yerleşimi Erikli Mevkii'nde gerçekleştirilen kazı çalışmaları sırasında bulunmuştur. Çalışmamızda incelenen malzeme daha önce yayımlanmamıştır.

Tarihöncesi Derekutuğun Maden İşletmeleri'ne adını veren Derekutuğun Köyü, konum olarak Çorum il merkezinin (Şekil 1) yaklaşık 75 km batısında, Alacahöyük'ün ise 70 km kuzeybatısında yer almaktadır (Yalçın vd., 2015, 149-150). Miyosen yaşlı sedimanlardan oluşan dağlık bir arazide yer alan Derekutuğun Köyü, Köroğlu Sıradağları'nın güneyinde ve Kızılırmak kavsinin yaklaşık 20 km kuzeyinde konumlanmıştır (Yalçın, 2018, 359).

Derekutuğun Madenci Yerleşimi, Anadolu madencilik tarihinin anlaşılması açısından önemli bir yerleşimdir. Bölgedeki yüzeye yakın maden yatakları olasılıkla Neolitik Çağ'dan itibaren

işletilmiş ve bölge kültürlerinin gelişimine katkı sağlamıştır. Çıkarılan nabit bakır, galerilere yakın konumlanan yerleşimde işlenmiş; bu alan hem üretim hem de madencilerin yaşam alanı olarak kullanılmıştır (Yalçın & İpek, 2011, 66).

Derekutuğun'da Yapılan Kazı ve Araştırmalar

Derekutuğun, adını aldığı köyün doğu kesiminde yer alan Erikli ve Mazıönü mevkiilerinde bulunmaktadır (Şekil 2). Derekutuğun Köyü'nün Karanlık Dere ve Mazıönü mevkiilerinde yer alan nabit bakır yataklarının bulunduğu maden galerilerinde, eski madencilik izleri saptanmıştır (Yalçın & İpek, 2011, 66). Burada yapılan öncü yüzey araştırmalarının ardından, söz konusu galerilerde ilk sistematik kazı çalışmaları Prof. Dr. Ünsal Yalçın'ın bilimsel danışmanlığında ve Çorum Müzesi başkanlığında, 2009-2011 yılları arasında gerçekleştirilmiştir (Yalçın & İpek, 2012, 12). 2015-2017 yıllarında yapılan ikinci dönem kazılarında Erikli Mevkii'ndeki madenci yerleşiminde yoğunlaşmıştır; kazılardan elde edilen sonuçlar yayınlanma aşamasındadır (Yalçın vd., 2018, 557-558).

Mazıönü Mevkii Kazı Çalışmaları

Eski maden işletme izlerinin yoğun olduğu Mazıönü Mevkii'nde ilk kazı çalışmaları 2009 yılında başlamıştır (Yalçın & Yalçın, 2019, 117). Burada, güneybatıya yönelen sarp bir yamaç üzerinde yaklaşık iki düzine maden galerisi saptanmıştır (Şekil 3). 2009-2011 ve 2015-2016 kazı mevsimlerinde toplam altı galeri kompleksinde çalışmalar yürütülmüştür (Yalçın vd., 2018, 558). Galeri komplekslerinde İlk Tunç Çağı'na tarihlenen çok sayıda çanak çömlek parçası, birkaç tüm kap ile nabit bakır ve madenci çırası uçları bulunmuş; buna karşılık taş, boynuz ve ahşap madenci aletleri sınırlı sayıda ele geçmiştir (Yalçın & Yalçın, 2019, 117).

Erikli Mevkii Kazı Çalışmaları

Mazıönü Mevkii'nin güneydoğusunda yer alan Erikli Mevkii'nde (Şekil 4), madenlerden çıkarılan cevherin ilk kez işlendiği alanların varlığını belirlemek ve kronolojik yerleşme verilerine ulaşabilmek amacıyla 2015 yılında kazı çalışmalarına başlanmıştır (Yalçın vd., 2018, 559). Erikli Mevkii'nde yüzeyden ele geçen keramik parçaları ile taş yığınları arasında saptanan madenci taş aletleri, burada bir yerleşimin bulunabileceğini düşündürdüğünden kazılara başlanmıştır. Söz konusu kazı çalışmalarında, kaçak kazı faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelere öncelik verilmiştir (Yalçın vd., 2017, 576).

Derekutuğun'da Saptanan Dönemler

Erikli Mevkii'de üç ayrı alanda yapılan kazılarda, Roma Dönemi'nden İlk Tunç Çağı'na uzanan farklı dönemlere ait mimari kalıntılar, çanak çömlek ve diğer küçük buluntular açığa çıkmıştır. Yanı sıra, sınırlı bir alanda ve kısıtlı bir zaman çerçevesinde gerçekleştirilmiş sondajlarda,

yerleşimin en erken tabakalarının Kalkolitik Çağ'a tarihlendirildiği anlaşılmıştır (Yalçın vd., 2018, 559).

Erikli Mevkii I, II ve III açmalarında yapılan kazılarda ele geçen buluntular ve mimari kalıntılar, çeşitli dönemlere tarihlenmektedir. Bu tarihlendirme, en üstten alta doğru Erken Roma/Erken İmparatorluk Dönemi, Hellenistik Dönem, Orta ve Son Demir Çağı, Asur Ticaret Kolonileri (Karum) Dönemi, İlk Tunç Çağı III-Orta Tunç Çağı I Geçiş Dönemi, İlk Tunç Çağı I-II ve Erken/Orta Kalkolitik Dönem şeklindedir. Yerleşimde Karum Dönemi sonu ile Orta Demir Çağı arasında bir boşluk (hiatus) saptanmıştır (Yalçın vd., 2017, 576-585). Derekutuğun kronolojisi, çok sayıda radyokarbon analiziyle desteklenmiştir.

Derekutuğun Hellenistik Dönem buluntuları arasında yer alan kalıp yapımı kâselerin ayrıntılı verilerine geçmeden önce, bu kâselerin kökeni, gelişimi, kalıplarının üretim tekniği, Antik/Hellenistik Dönem'de üretildikleri başlıca atölyeler ile bu üretimler arasındaki hamur, astar ve biçim farklılıkları gibi temel özelliklere kısaca değinilecektir.

Kalıp Yapımı Kâseler

Hellenistik Dönem keramik grupları içinde önemli bir yer tutan kalıp yapımı kâseler, diğer adıyla "Megara Kâseleri", kulpsuz ve kadesiz olup genellikle yarım küre biçimli kaplardır. Kalıpta şekillendirilmiş bu kâselerin gövdelerinde bitkisel, geometrik ve figüratif sahnelerden oluşan kabartma bezemeler yer alır. Madalyon (dip), kalyks (bezemeli küresel gövde) ve ağız kenar bandı olmak üzere üç bölümden oluşan bu kâseler (Rotroff, 1982, 3), MÖ 3.yüzyıl sonlarından MÖ 1.yüzyıl ortalarına dek kantharosların yerine içki kabı olarak kullanılmıştır (Bouzek & Jansová, 1974, 15; Rotroff, 1982, 3).

Kâselerin üretildiği çark yapımı yarım küre biçimli kalıplar, kil henüz yumuşakken hazırlanmakta ve kalıbın iç kısmına geometrik, figüratif ve bitkisel motiflerden oluşan damgalar uygulanmaktadır (Edwards, 1956, 86; Rotroff, 1982, 4-5; Thompson, 1934, 452). Üretim sürecinde özellikle bitkisel bezemelere ait ayrıntılar elle işlenir ve kalıplar bu işlemin ardından fırınlanırdı. Pişirilen kalıpların içine kâselerin yapılacağı yumuşak kil yayılır ve kalıp çark üzerinde döndürülerek şekil verilirdi. Böylece kalıbın içindeki bezek, kâsenin dış yüzeyine çıkmış olurdu. Kâseler, kuruma aşamasında kilin çekmesiyle sertleşip küçülünce kalıptan çıkarılırdı. Kalıptan çıkarılan kâselerde bezeklerin bazı ayrıntıları kazıma yoluyla yeniden belirginleştirilirdi. Kâseye ağız kısmı sonradan eklenir ve kâse kurduğunda astarlanarak fırınlanırdı (Rotroff, 1982, 4). Kâselerin fırınlanma sırasında birbirine bitişerek zarar görmemesini sağlamak amacıyla aralarına kilden yapılmış halkalar yerleştirildiği, bu halkaların izlerinin ise bazı örneklerin madalyon bölümünde kırmızı renkli halka biçiminde görüldüğü saptanmıştır (Rotroff, 1982, 5). Bu tür kalıpları yansıtan bir dizi örnek, 2025 mevsimi kazılarında Pisidia Antiokheia Antik Kenti'nde bulunmuştur (M. Özhanlı, kişisel görüşme, 23 Ocak 2025).

Bendorf, 1883 tarihli çalışmasında Atina-Megara'da bulunan kâse kalıplarını Megara'ya özgü bir grup olarak tanımlamış ve Megaralılar tarafından kullanılan kâseyi anlatırken yer verdiği “γυάλας” (gualas) sözcüğüne dayanarak bu kaplar için “Megara Kâseleri” adını kullanmıştır (Bendorf, 1883, 117-118). “Kâse” ya da “küçük kap” anlamına gelen ve Eski Yunanca bir sözcük olan *gualasın* Megara'ya özgü olması, Bendorf'un bu adlandırmayı tercih etmesinde belirleyici olmuştur. Ancak kalıp yapımı kâselerin Hellenistik Dönem'de Akdeniz ve Karadeniz kentlerinde de yoğun olarak kullanıldığının anlaşılması, bu adlandırmanın, kapların yalnızca Megara'ya ait olduğu izlenimini verdiği gerekçesiyle eleştirilmesine yol açmış ve “Megara Kâsesi” şeklindeki adlandırma giderek terk edilmiştir (Çorbacı, 2023, 224). Buna göre, Megara kâseleri Hellenistik Dönem kalıp yapımı kâselerin erken ve tipolojik olarak belirgin bir alt grubunu oluşturur. Dolayısıyla, Megara kâseleri Hellenistik Dönem kalıp yapımı kâseler arasında yer alırken, Hellenistik Dönem kalıp yapımı kâselerin tamamını “Megara Kâsesi” olarak adlandırmak terminolojik ve kronolojik açıdan sakıncalıdır.

Bu nedenle bazı araştırmacılar, söz konusu kâseleri kökenlerine değil yapım tekniklerine göre adlandırmayı yeğlemiştir. Schwabacher “Hellenistik Kabartmalı Keramik” (Schwabacher, 1941, 182), Waagé “Kalıplanmış Kâse” (Waagé, 1948, 29), Edwards “Kalıplanmış Kabartmalı Kâse” (Edwards, 1975, 150), Rotroff “Kalıp Yapımı Kâse” (Rotroff, 1982, 2–3) ve Rotroff ile Oliver ise “Yarım Küre Kalıp Yapımı Kabartmalı Kâse” (Rotroff & Oliver, 2003, 91) terimlerini kullanmışlardır. Bu çalışmada da kapların geniş bir coğrafyada üretilmiş ve kullanılmış olması dikkate alınarak, üretim tekniğini esas alan “kalıp yapımı kâse” terimi tercih edilmiştir.

Kalıp yapımı kâselerin ortaya çıkışı ve kronolojisi konusunda ise farklı görüşler bulunmaktadır. Thompson (1934, 457) bu kâselerin Atina'da üretimine MÖ 3.yüzyılın birinci çeyreğinde başladığını belirtirken, Rotroff üretimin MÖ 3.yüzyılın sonuna kadar devam ettiğini ifade etmektedir (Rotroff & Oliver, 2003, 92).

Altın ve gümüşten üretilen metal kapların taklitleri olarak ortaya çıkan bu kâseler, metal kaplarda görülen biçimsel standartlaşmanın aksine yeni kap tiplerinin gelişmesine katkı sağlamıştır. Atina'da MÖ 3.yüzyılın üçüncü çeyreğinde, III. Ptolemaios Euergetes döneminde Mısır ile kurulan ilişkiler doğrultusunda Atinalı çömlekçiler tarafından üretilmeye başlanan bu örneklerin (Rotroff, 1982, 6-13), Mısır kâselerinden etkilendiği görülmektedir (Rotroff, 1982, 6-7, 2006, 359; Thompson, 1934, 313-330, 455-457). Metal prototiplerle karşılaştırıldıklarında daha düşük maliyetli olmaları ve düşük fiyatlarına bağlı olarak kolay sağlanmaları nedeniyle kısa sürede Atina dışındaki merkezlere de yayılmışlardır (Rotroff, 1982, 10).

MÖ 3.yüzyılın son çeyreğinden itibaren Korinthos, Argos, Elis ve Sparta gibi merkezlerde bu kâselerin yerel üretimine geçildiği anlaşılmaktadır (Edwards, 1956, 1975, 1981). MÖ 2.yüzyıl boyunca söz konusu üretimlerin kapsamı giderek genişlemiş ve kâseler Akdeniz havzasının tamamına yayılmıştır. Üretildikleri merkezlere bağlı olarak biçim ve bezeme açısından çeşitlilik

gösteren bu kapların, Ege Adaları'ndan Karadeniz'e, Makedonya'dan İtalya ve Anadolu'ya, Kuzey Afrika, Mısır ve Suriye üzerinden Afganistan'a kadar uzanan geniş bir coğrafyada üretildiği saptanmıştır (Öz, 2022, 117). Bu geniş yayılım alanının, Büyük İskender'in fetihleri ve onun ardılları tarafından şekillendirilen Hellenistik Dünya ile büyük ölçüde örtüşmesi, kalıp yapımı kâselerin Hellenistik Dönem dünya görüşünün ve kültürel birlikteliğinin maddi bir yansıması olarak değerlendirilmesine olanak tanıdığı da öne sürülebilir.

Söz konusu kaplar arasında Attika ve Delos tipi kâseler, Hellenistik Dönem boyunca en yaygın form gruplarını oluşturmaktadır (Rotroff, 1982, 14; Thompson, 1934, 454). Attika tipi kâseler derin gövdeli olup dudakları dışa doğru hafifçe genişlerken (Rotroff, 1982, 32, 34-35), Delos tipi kâseler daha sığ bir biçime ve içe eğimli dudak yapısına sahiptir (Thompson, 1934, 454). Anadolu'da genelde Delos tipi olarak adlandırılan kâselerin ise gerçekte Ephesos-İon atölyeleri tarafından üretilen bir grup olduğu ortaya çıkmıştır (Mitsopoulos-Leon, 1991, 69-70). Kalıp yapımı kabartmalı kâselerin kullanımı, Roma Dönemi'nde MÖ 1.yüzyılın ortalarından itibaren sigillata üretiminin yaygınlaşmasıyla birlikte azalmaya başlamıştır (Rogl, 2014, 135).

Derekutuğun Tarihöncesi Madenci Yerleşimi Kalıp Yapımı Kâseler

Farklı merkezlerden ele geçen kalıp yapımı kâseler üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada ise Derekutuğun Tarihöncesi Madenci Yerleşimi'nde 2015-2017 kazı mevsimlerinde, ağırlıklı olarak Erikli Mevkii'nde yürütülen kazılar sırasında ele geçen kalıp yapımı kabartmalı kâselere ait 20 örnek değerlendirilmiştir. İncelenen kâseler, gövde dış yüzeylerindeki bezeme türleri esas alınarak sınıflandırılmıştır. Bu doğrultuda Derekutuğun kalıp yapımı kâseleri; bitkisel bezemeli kâseler, kenar bordürleri bitkisel bezekli kâseler, uzun taç yapraklı kâseler ve figürlü bezemeli kâseler olmak üzere dört ana gruba ayrılmıştır. Örneklerin tarihlendirilmesinde Derekutuğun Tarihöncesi Madenci Yerleşimi'nin stratigrafik verileri dikkate alınmış, ayrıca Anadolu'nun antik kıyı yerleşmelerinde bulunan bazı örneklerden karşılaştırma amacıyla yararlanılmıştır.

Bitkisel Bezemeli Kâseler (Şekil 5: 1-9, Ek 1-9)

Derekutuğun Madenci Yerleşmesi'nde ele geçen ve bu gruba ait olan toplam 14 adet kâse parçası bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Bu örneklerin dokuzu bitkisel bezemeli kâseler grubuna dâhil edilmiştir. Söz konusu grubun yedi örneği gövde parçası, iki örneği ise dip parçasıdır (Şekil 5: 1-9). Kalan beş örnek, bitkisel bezemeli kâselerin alt tipleri olarak ele alınmış; kenar bordürleri bitkisel dekorlu kâseler grubunda yer alan iki örneğin "S" kıvrımlı ve dışa dönük dudak yapısına sahip olduğu, bir örneğin ise gövde parçası olduğu belirlenmiştir (Şekil 6: 10-12). Ayrıca, daha geç bir dönemde ortaya çıkan uzun taç yapraklı kâseler grubuna ait iki dip parçası da ayrı bir başlık altında incelenmiştir (Şekil 7: 13-14).

Birçok üretim merkezinde yaygın olarak görülen bitkisel bezemeli kalıp yapımı kâselerin Derekutuğun'da ele geçen örneklerinde çeşitli bezemeler dikkat çekmektedir. Bu örneklerde, akantus yaprakları arasında kıvrık dal motifleri (Şekil 5: 1), madalyon çevresinde stilize palmet ve sarmaşık dalları (Şekil 5: 2-3), geniş yaprak motifleri ile palmetler arasında astragal dizileri (Şekil 5: 4, 6) yer almaktadır. Ayrıca ağız kenar bandı yivlerle sınırlandırılmış ve gövdesinde meyve motifi bulunan, küçük palmet ve saksı içinde üç adet eğrelti otu bezemeleri bulunan örnekler (Şekil 5: 5, 8, 9) ile asma dalından sarkan üzüm salkımı motifleri de yer almaktadır (Şekil 5: 7).

Bitkisel bezemeli kalıp yapımı kâseler, erken örnekler arasında yer almaktadır. Bu tipe ait örnekler Atina Agorası'nda MÖ 3.yüzyılın ilk (Thompson, 1934, 457) ya da son çeyreğine (Rotroff, 1982, 18), Korinthos'ta MÖ 3.yüzyılın ikinci yarısına (Edwards, 1975, 155-156), Ephesos'ta ise MÖ 2.yüzyılın ikinci çeyreği ile MÖ 1.yüzyılın ilk yarısına tarihlendirilmektedir (Mitsopoulos-Leon, 1991, 67). Anadolu'da bu grubun üretim başlangıcı kesin olarak bilinmemekle birlikte Batı Anadolu'da Ephesos ve Kyme için MÖ 200, Pergamon'da MÖ 2.yüzyılın ikinci çeyreği, Labraunda'da ise MÖ 2.yüzyılın ikinci yarısı önerilmektedir (Bouzek & Jansová, 1974; Ersoy, 2013, 33).

Kenar Bordürleri Bitkisel Bezemeli Kâseler (Şekil 6: 10-12, Ek 10-12)

Bu başlık altında, yalnızca ağız kenar bandı ve bordür bezemeleri korunmuş örnekler değerlendirilmiştir. Çalışmada bu gruba ait üç örneğe yer verilmiştir.

Bezeme bakımından çeşitlilik gösteren örneklerden (Şekil 6: 10) 10 cm ağız çapına sahip olup, kırmızı astarlı ve hafif içe çekik "S" profilli dudak yapısına sahiptir. Ağız kenarı, yatay bir friz içinde düzenlenmiş makara dizisi ile sınırlandırılmıştır; bunun altında yer alan gövde frizinde stilize palmet motifleri kullanılmıştır. (Şekil 6: 11) ise 14 cm ağız çapına, dışa açılan "S" profilli dudak yapısına sahip olup, ağız kenarının hemen altında yer alan paralel kabartma yivler, bezemesiz ağız bölümü ile bitkisel bezemeli frizi ayıran bir çerçeve oluştururken, gövde frizinde stilize palmet dizisi tercih edilmiştir. Bir başka örnekte ise (Şekil 6: 12) ağız kenarının altındaki yatay kabartma banttıktan sonra, gövde frizinde sarmaşık yaprağı motifinin kullanıldığı görülmektedir.

Uzun Taç Yapraklı Kâseler (Şekil 7: 13-14, Ek 13-14)

Madalyon çevresinden ağız kenar bandına kadar alt gövdesi yuvarlak uçlu, uzun taç yapraklarla bezeli bu kâse tipi, ilk kez Atinalı çömlek ustaları tarafından MÖ 2.yüzyılın ikinci çeyreğinde üretilmiş olup, kökeninin metal kaplara dayandığı düşünülmektedir (Rotroff, 1982, 34; Rotroff & Oliver, 2003, 122).

Uzun taç yapraklı kâseler grubundan seçilen iki örnek bu çalışmada incelenmiştir. Her iki örnekte de taç yaprakların üst kısımları eksik olduğundan uçlarının biçimi kesin olarak

belirlenmemektedir; ancak benzer örnekler dikkate alındığında yuvarlak uçlu oldukları düşünülebilir. Madalyonda, merkezde tek nokta çevresinde dört yapraklı, olasılıkla akantus motifi; gövdede ise uzun taç yapraklar yer almaktadır (Şekil 7: 13). Bezemesiz madalyona sahip diğer kâsede ise kalyks, aralıklı ve düzenli sıralanmış uzun taç yapraklarla bezenmiştir (Şekil 7: 14).

Figürlü Kâseler (Şekil 8: 15-20, Ek 15-20)

Figürlü kâselerde genellikle mitolojik ya da gündelik sahneler işlenmiş olup, insan, hayvan ve mitolojik figürler sıkça görülmektedir. Bu kâse grubunda bezemenin odak noktasını insan ve hayvan figürleri oluşturmaktadır (Rotroff, 1982, 19). Derekutuğun Madenci Yerleşmesi'nde ele geçen figürlü kâse örneklerinin tamamı hayvan betimlidir. Bu gruba ait sekiz örnek, makalede bezeme özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Ağız kenar bandı yivlerle sınırlandırılmış örneklerde farklı hayvan figürleri yer almaktadır. Bu grupta, başı cepheden, gövdesi profilden betimlenmiş bir inek (?) figürü (Şekil 8: 15), art arda dizilmiş iki toynaklı hayvan figürü (eşek, at?) (Şekil 8: 16) ve baş kısmı, kulakları ile yelesi belirgin biçimde işlenmiş aslan başı (Şekil 8: 17) görülmektedir. Bir diğer örnekte ise uçuş hâlinde betimlenmiş bir kuş figürü ile bunun altında, türü kesin olarak belirlenemeyen bir hayvan başının bir bölümü yer almaktadır (Şekil 8: 18). Diğer örneklerde, muhtemelen suda yüzerken tasvir edilmiş üç ördek figürü (Şekil 8: 19) ile baş ve üst gövde kısmı korunmuş, bir ördek ya da kaz figürü bulunmuştur (Şekil 8: 20).

Figürlü bezemeye sahip kâselerin, çam kozalağı, küçük yaprak ve bitkisel bezemeli örneklerle eş zamanlı olarak üretilmeye başlandığı bilinmektedir. Figürlü kâselerin MÖ 3.yüzyılın son çeyreğinde ortaya çıktığı ve MÖ 2.yüzyılın sonlarına kadar üretildiği belirtilir (Rotroff, 1982, 19). Atina'da ise uzun taç yapraklı bezemeli kâselerin üretime girmesiyle birlikte figürlü kâselerin kullanımının azaldığı anlaşılmaktadır (Edwards, 1981, 196). Anadolu'da ele geçen figürlü kâselerde ise özellikle hayvan betimlerinin öne çıktığı; Teos, Pergamon ve Ege-Kuzeybatı Anadolu örneklerinde kuş, ördek ve aslan gibi figürlerin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Rotroff, 1982; Rotroff & Oliver, 2003; Tamsü Polat, 2016).

Sonuç ve Değerlendirme

Hellenistik Dönem keramik grupları içinde önemli bir yere sahip olan kalıp yapımı kabartmalı kâselerin Derekutuğun örnekleri, sayıca sınırlı olmalarına karşın biçim ve bezeme açısından dikkate değer ölçüde zengin bir repertuar sunmaktadır. Çalışmamız kapsamında iki ağız ve üç dip olmak üzere toplam beş adet kalıp yapımı kâse profili ile 15 adet kabartmalı gövde parçası değerlendirilmiştir. İncelenen kalıp yapımı kâseler, biçim ve bezeme özellikleri bakımından Anadolu genelinde yaygın olan Hellenistik Dönem keramik geleneğiyle büyük ölçüde örtüşmektedir. Bu çerçevede, başta Ephesos, Metropolis ve Pergamon olmak üzere Batı Anadolu'daki Hellenistik merkezlerden bilinen benzer örnekler aracılığıyla tarihlendirme önerileri yapılmıştır. Bununla

birlikte, söz konusu değerlendirmelerin yalnızca Anadolu'nun kıyı bölgeleriyle sınırlı tutulması gerektiği açıktır. Nitekim Derekutuğun'a coğrafi olarak daha yakın konumda bulunan Orta Anadolu ve Karadeniz bölgelerindeki bazı yerleşimlerde de benzer kalıp yapımı kâselerin ele geçtiği bilinmektedir. Bu bağlamda, Alişar Höyük (Schmidt, 1933; von der Osten, 1937), Çankırı Kalesi ve Paphlagonia Bölgesi yerleşimleri (Matthews vd., 2009) ile Sivas Ziyaretsuyu (Abdioğlu, 2007; Ortaç, 2006) gibi merkezlerden bilinen buluntular, Derekutuğun örneklerinin bölgesel bağlam içinde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle Alişar Höyük'te ele geçen ve ekler bölümünde karşılaştırması yapılan örnekler (Ek 5,10) Derekutuğun buluntularının Orta Anadolu'nun iç kesimlerindeki Hellenistik Dönem keramik dolaşımıyla da ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Derekutuğun Madenci Yerleşmesi deniz seviyesinden yaklaşık 1000 m yükseklikte, ulaşımı oldukça güç bir konumda yer almasına rağmen yalnızca yerel ve günlük yaşamda kullanılan keramiklerin değil, aynı zamanda ince işçilikli ve estetik kaygısı yüksek kalıp yapımı kâselerin de kullanımda olduğunu göstermesi açısından dikkat çekicidir.

Tarihöncesi nabit bakır galerileri ile tanınan Derekutuğun (Erikli) Madenci Yerleşmesi'nde Hellenistik Dönem'e tarihlenen bu tür keramik kapların bulunması, yerleşmenin ekonomik ve sosyo-kültürel yapısına ilişkin önemli ipuçları sunmaktadır. Hellenistik Dönem'de yapılan metalürjik faaliyetlerle ilgili olarak toplanan bulgu ve buluntular değerlendirme aşamasında olduğundan, bu konuda henüz somut verilere değinilememektedir (Ü. Yalçın, kişisel görüşme, 28 Eylül 2025). Derekutuğun'un yalnızca Antik Dünya merkezi dışında (periferide) bir üretim alanı değil, aynı zamanda bölgelerarası ticaret ve değişim ağlarına dâhil bir yerleşme olduğu anlaşılmaktadır. Bu ağlar aracılığıyla, büyük kentlerde üretilen ya da bu merkezlerin üretim anlayışını yansıtan keramiklerin, zorlu coğrafi koşullara sahip madenci yerleşmelerine kadar ulaştırılabildiği söylenebilir.

Öte yandan bu tür kalıp yapımı kâselerin varlığı, yerleşme içindeki sosyal uygulamalar ve hiyerarşik düzen ilişkileriyle de bağlantılıdır. Madencilik etkinliklerini yöneten ya da denetleyen grupların, kent merkezleriyle kurdukları ekonomik, ticari ve kültürel ilişkiler çerçevesinde, gündelik kullanımın ötesinde anlamlar taşıyan kapları tercih etmiş olmaları olasıdır. Bu kâseler, yalnızca işlevsel nesnelere olarak değil, aynı zamanda Hellenistik Dönem dünya algısının bir parçası olmanın ve bu dünya ile kurulan bağların maddi yansımaları olarak da değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak bu çalışma, Hellenistik Dönem kalıp yapımı kabartmalı kâselerin buluntu yerlerinin yalnızca büyük ve kentsel merkezlerle sınırlı olmadığını, küçük ve ulaşımı güç yerleşimlerde de dolaşımda olduğunu ortaya koymaktadır. Derekutuğun örneği, Anadolu'da öncelikle hammadde ticaretine bağlı olarak gelişen bölgelerarası keramik dolaşımının kapsamını yeniden düşünmeyi gerektirmekte; Hellenistik Dönem'de keramik dağılımının yerleşim hiyerarşisi,

ulaşım ağları ve yerel kullanım biçimleriyle birlikte ele alınmasının önemini açık biçimde vurgulamaktadır.

Teşekkürler

Bu çalışmanın hazırlanmasında değerli katkıları nedeniyle makalemizi inceleyip düzeltmeler yapan Prof. Dr. Ünsal Yalçın'a ve Orta Anadolu ile Karadeniz bölgelerindeki bazı buluntu yerlerinde bulunan Hellenistik Dönem kalıp yapımı kâseler konusunda verdiği bilgilerle çalışmamıza bilimsel katkı sağlayan Boğazköy Müzesi Müdürü arkeolog Resul İbiş'e teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Abdioğlu, E. (2007). *Sivas Ziyaretsuyu Hellenistik ve Roma Dönemi seramikleri* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Benndorf, O. (1883). *Griechische und sizilische Vasenbilder III*. Berlin.
- Bouzek, J., & Jansová, L. (1974). Megarian Bowls. In J. Bouzek (Ed.), *Anatolian Collection of Charles University (Kyme I)* (pp. 13-76). Praha.
- Çorbacı, H. (2023). Eskişehir Eti Arkeoloji Müzesi Kalıp Yapımı Kâseler ve Kalıplı Skyphos. *Anatolian Research* 27, 221-242. <https://doi.org/10.26650/anar.2022.1102210>
- Edwards, C. (1981). Corinth 1980: Molded Relief Bowls. *Hesperia* 50(2), 189-210. <https://doi.org/10.2307/148015>
- Edwards, G. R. (1956). Hellenistic Pottery. *Small Objects from Pnyx 2*, Hesperia Supplement 10 (pp. 83-112). Princeton.
- Edwards, G. R. (1975). Corinthian Hellenistic Pottery. *Corinth* 7.3. Princeton.
- Ersoy, A. (2013). Smyrna / İzmir Kazıları Kalıp Yapımı Kâseleri ve Kabartmalı Kaplar. *Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi* 11, 31-50.
- Goldman, H. (1950). *Excavations at Gözlü Kule, Tarsus. Vols. I-II*. Princeton University Press.
- Matthews, R., Metcalfe, M., & Cottica, D. (2009). Landscapes with figures: Paphlagonia through the Hellenistic, Roman and Byzantine periods (330 BC–AD 1453). In R. Matthews & C. Glatz (Eds.), *At Empires' Edge: Project Paphlagonia: Regional Survey in North-Central Turkey* (pp. 173-226). British Institute at Ankara.
- Metzger, I. R. (1969). *Die Hellenistische Keramik in Eretria (Eretria II)*. Verlag A.G.
- Mitsopoulos-Leon, V. (1991). *Die Basilika am Staatsmarkt in Ephesos. Kleinfunde 1. Teil, Keramik hellenistischer und römischer Zeit (FiE 9,2/2)*. Wien.
- Ortaç, M. (2006). BTC ham petrol boru hattı projesi Sivas-Akpınar Köyü-Ziyaretsuyu mevkii kurtarma kazısı 2004. 27. *Kazı Sonuçları Toplantısı* 1, 339-350.
- Orton, C., Tyers, P. & Vince, A. (2013). *Pottery in Archaeology*. Cambridge University Press.
- Öz, C. (2022). Myra Tiyatrosunda Ele Geçen Hellenistik Dönem Kalıp Yapımı Kabartmalı Kâseler. *Cedrus* 10, 113-138. <https://doi.org/10.13113/cedrus.202206>.
- Picon, M. (1984). Le traitement des données d'analyse. In T. Hackens & M. Schvoerer (Eds.), *Datation-caractérisation des céramiques anciennes: Cours intensif européen, Bordeaux-Talence 1981* (pp. 379–399). Presses du CNRS.

- Rogl, C. (2014). Mouldmade Relief Bowls from Ephesos – The Current State of Research. *Black Sea Studies* 16, 113-139.
- Rotroff, S. I. (1982). *Hellenistic Pottery: Athenian and Imported Moldmade Bowls*. The Athenian Agora XXII. New Jersey.
- Rotroff, S. I. (2006). The Introduction of the Moldmade Bowl Revisited: Tracking a Hellenistic Innovation. *Hesperia* 75(3), 357-378. <https://doi.org/10.2972/hesp.75.3.357>
- Rotroff, S. I. & Oliver, A. Jr. (2003). *The Hellenistic Pottery from Sardis: The Finds through 1994*. Archaeological Exploration of Sardis Monograph 12, Cambridge London.
- Sagona, A., Pemberton, E., & McPhee, I. (1991). Excavations at Büyüktepe Höyük, 1990: First Preliminary Report. *Anatolian Studies* 41, 145-158. <https://doi.org/10.2307/3642937>
- Sagona, A., Pemberton, E., & McPhee, I. (1992). Excavations at Büyüktepe Höyük, 1991: Second Preliminary Report. *Anatolian Studies* 42, 29-46. <https://doi.org/10.2307/3642948>
- Schmidt, E. F. (1933). *The Alishar Hüyük: Seasons of 1928 and 1929. Part II*. The University of Chicago Press.
- Schwabacher, W. (1941). Hellenistische Reliefkeramik im Kerameikos. *American Journal of Archaeology* 45(2), 182-228.
- Stewart, S. M. (2010). *Gordion After the Knot: Hellenistic Pottery and Culture*. [Unpublished doctoral dissertation]. University of Cincinnati.
- Tamsü-Polat, R. (2016). Mold Made Bowls from Teos Hellenistic City Wall Excavations. *Colloquium Anatolicum* 15, 108-131.
- Thompson, H. A. (1934). Two Centuries of Hellenistic Pottery. *Hesperia* 3, 311-480.
- Von der Osten, H. H. (1937). *The Alishar Hüyük. Seasons of 1930-32. Part III*. The University of Chicago Press.
- Waagé, F. O. (1948). Hellenistic and Roman Tableware of North Syria. *Antioch-on-the-Orontes* 4.1, 1-60.
- Yalçın, H. G. (2018). *Derekutuğun Madenci Yerleşimi 2016 Kazı Mevsimi Keramik Buluntuları, 33. Arkeometri Sonuçları Toplantısı 1*, 359-371.
- Yalçın, Ü. & İpek, Ö. (2011). Derekutuğun Tarih Öncesi Maden Galerileri. 1. *Çorum Kazı ve Araştırmaları Sempozyumu*, 65-78.
- Yalçın, Ü. & İpek, Ö. (2012). Derekutuğun Tarih Öncesi Maden Galerileri. 2. *Çorum Kazı ve Araştırmaları Sempozyumu*, 11-31.
- Yalçın, G. & Yalçın, Ü. (2019). Derekutuğun Tarihöncesi Maden Çıraları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi* 2(47), 116-129.
- Yalçın, Ü., Yalçın, H. G., Mass, A. & İpek, Ö. (2015). *Derekutuğun Tarih Öncesi Bakır İşletmeleri*. İçinde Ü. Yalçın, H. & D. Bienert (Eds.), *Kültürlerin Köprüsü Anadolu Uluslararası Sempozyumu Kitabı* (s. 147-184). Bonn.
- Yalçın, Ü., Yalçın, H. G., Ekmen, H. & İpek, Ö. (2017). Derekutuğun Eski Maden İşletmeleri ve Madenci Yerleşmesi 2016 Çalışmaları. 39. *Kazı Sonuçları Toplantısı*, 576-596.
- Yalçın, Ü., İpek, Ö., Yalçın, H. G. & Ekmen, H. (2018). Derekutuğun 2017 Kazı Çalışmaları. 40. *Uluslararası Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu*, 557-574.
- Yedidağ, T.Y. (2015). Dorylaion Kalıp Yapımı Kâseleri. *Olba XXIII*, 235-272.

Ekler¹

Ek 1 (Şekil 5: 1)

Buluntu Yeri: Er. I'16, 3, a-b/1-2

Tanım: Kalıp yapımı kabartmalı kâseye ait gövde parçası.

Hamur Grubu: ETWhell1b

Buluntu Numarası: 8527

Korunma Durumu: İki parçanın birleşmesinden oluşan, orta büyüklükte gövde parçası.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı. Form bir matris (kalıp) içerisinde biçimlendirilmiş, ağız kenarı ve son düzeltmeleri çark üzerinde tamamlanmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde tüm gövdeyi kaplayan stilize bitkisel bezeme yer almaktadır. Kompozisyon, dikey ve yatay yerleştirilmiş stilize palmet yapraklarından oluşur. Yapraklar arasında, daha küçük floral öğelerle çevrelenmiş, S-kıvrımlı (volütlü) dar ve kıvrık bir dal/bant motifi dolgu ögesi olarak kullanılmıştır.

Yüzey: Kırmızı astarlı (Glanzton/glossy); astar yüzeye ince bir tabaka halinde uygulanmış olup yer yer aşınmıştır.

Pişirim ve Hamur Özellikleri: Yükseltilmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince gözenekli ve pekişik yapılı hamur.

Katkı Maddesi: İyi elenmiş, çok az miktarda mika ve ince kum içeren temiz hamur.

Renk: Hamur: Açık kahverengi-turuncu; Astar: Koyu kahverengi-turuncu.

Benzer Örnekler: Tarsus Gözlükule buluntuları (Goldman, 1950: Lev. 128/145) ve Batı Anadolu (Ephesos/Pergamon) örnekleri ile tipolojik benzerlik gösterir.

Tarihlendirme: Hellenistik Dönem (MÖ 2. yüzyıl).

Ek 2 (Şekil 5: 2)

Buluntu Yeri: Er. VII'17

Buluntu Numarası: 70037.2

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kalıp yapımı kabartmalı kâseye ait dip parçası.

Korunma Durumu: Dairesel formdaki taban bütünüyle korunmuştur.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı. Form bir kalıp içerisinde şekillendirilmiş, taban merkezi ve çevresindeki düzeltmeler çark üzerinde tamamlanmıştır.

Bezemesi: Kâsenin taban madalyonunda, stilize sarmaşık yaprağı ve yaprağa bağlı dal kalıntıları kabartma olarak işlenmiştir. Bezeme, taban merkezinden dışa doğru yayılan simetrik bir kompozisyon oluşturur.

1 Makalemizin ekler bölümünde yer verilen keramik buluntuların yüzey renklerini, toprak renklerini esas alan bir renk ekine bağlı kalarak harf ve numaralarla vermemeyi, salt optik değerlendirmeye dayalı algılamaya bağlı kalınmasının sakıncalı olabileceği nedeniyle yeğlemediğimizi belirtmek isteriz. Bu bağlamda, Munsell Soil Charts benzeri renk eki kullanılarak ayrıntılı/dakik renk tanımlarının yapılması, eklerdeki renklerin insan gözüyle dakik algılanıp algılanamayacağı konularındaki bilimsel tartışmalar için bkz: Orton vd., 2013; Picon, 1984.

Yüzey: Kırmızı astarlı; astar yüzeye homojen uygulanmış olup, bazı bölgelerde aşınmalar gözlemlenmektedir.

Hamur ve Pişirim: Yükseltilmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur yapısına sahiptir.

Katkı Maddesi: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz bir hamur.

Renk: Hamur: Açık kahverengi-turuncu; iç ve dış yüzey astarı: Canlı kahverengi-turuncu tonlarındadır.

Karşılaştırmalar: Gordion buluntuları (Stewart, 2010: Fig. 240/386) ve Tarsus Gözlükule buluntuları (Goldman, 1950: Lev. 130/161) ile hem tipoloji hem de bezeme açısından benzerlik göstermektedir.

Tarihlendirme: Orta Hellenistik Dönem?

Ek 3 (Şekil 5: 3)

Buluntu Yeri: Er. IV'16

Buluntu Numarası: 8257

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Küçük boyutlu, kalıp yapımı kabartmalı kâseye ait taban ve gövde parçası.

Korunma Durumu: Tabanın yaklaşık yarısı ile bu tabanla birleşen bir gövde parçası korunmuştur.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı; kalıp içinde biçimlendirilmiş, ağız ve gövde düzeltmeleri çark üzerinde tamamlanmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde, taban merkezinden gövdeye doğru yayılan stilize yaprak ve sarmaşık dallarından oluşan bitkisel kabartma bezeme yer almaktadır. Motifler, Hellenistik Dönem bitkisel bezemeli kâseler grubunun karakteristik özelliklerini yansıtmaktadır.

Yüzey: Kırmızı astarlı; pişirimden kaynaklanan alacalı bir görünüm sergileyen astar, yüzeyde yer yer açık ve koyu tonlar oluşturmuştur.

Hamur ve Pişirim: Oksitleyici atmosferde pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Hamur rengi canlı kahverengi-turuncu; dış yüzey astarı siyaha çalan kahverengi-turuncu; iç yüzey astarı koyu kırmızımsı kahverengi.

Karşılaştırmalar: Ephesos, Büyüktepe ve Eretria buluntuları ile taban madalyonu ve bitkisel bezeme kurgusu açısından benzerlik göstermektedir (Metzger, 1969; Rogl, 2014; Sagona vd.,1991, 1992).

Tarihlendirme: Hellenistik Dönem

Ek 4 (Şekil 5: 4)

Buluntu Yeri: Er. II'17, b-c/1-2

Buluntu Numarası: 20069

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Bitkisel kabartma bezemeli, kalıp yapımı kâseye ait küçük gövde parçası.

Korunma Durumu: Kabartma bezeme öğelerinin açıkça seçilebildiği, küçük boyutlu gövde parçası.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı; kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde son düzeltmeleri yapılmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde, yanlardan dikey bir boncuk dizisi ile sınırlandırılmış, uzun-oval formlu stilize yapraklardan oluşan kabartma bezeme yer almaktadır. Bu bezeme düzeni, gövdenin dikey panellere ayrıldığını göstermektedir.

Yüzey: Kırmızı astarlı; astar, özellikle kabartma bezeklerin yüksek kısımlarında yer yer aşınmıştır.

Hamur ve Pişirim: Oksitleyici atmosferde pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Hamur rengi açık kahverengi-turuncu; astar rengi canlı kahverengi-turuncu.

Karşılaştırmalar: —

Tarihlendirme: Hellenistik Dönem

Ek 5 (Şekil 5: 5)

Buluntu Yeri: Er. II'17, 6

Buluntu No: 20062

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli, kalıp yapımı kâseye ait gövde parçası.

Korunma Durumu: Kabartma bezeme öğelerinin açıkça izlenebildiği küçük boyutlu gövde parçası.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı. Kap kalıp içinde şekillendirilmiş, çark üzerinde son düzeltmeleri yapılmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde, birbirine paralel uzanan iki yatay yivle sınırlandırılmış çizgi yer almaktadır. Bu çizgilerin üzerinde, çapraz konumlanan yivlerle sınırlandırılmış, oval formlu stilize bir meyve (olasılıkla çam kozalağı veya lotus tomurcuğu) bezeme bulunmaktadır.

Yüzey: Kahverengi-turuncu tonlarda astarlı; yüzey büyük ölçüde iyi korunmuştur.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Hamur: Açık kahverengi-turuncu; Astar: Koyu kahverengi-turuncu.

Karşılaştırmalar: Alişar ve Büyüktepe buluntuları ile benzerlik göstermektedir (Sagona vd., 1991, 1992; von der Osten, 1937).

Tarihlendirme: Geç Hellenistik Dönem

Ek 6 (Şekil 5: 6)

Buluntu Yeri: Er. I'16

Buluntu No: 8503

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli, kalıp yapımı kâseye ait gövde parçası.

Korunma Durumu: Kabartma bezemenin açıkça seçilebildiği küçük boyutlu gövde parçası.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı. Kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde son düzeltmeleri yapılmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde, muhtemelen stilize tomurcukları betimleyen bitkisel motifler yer almaktadır. Bu motifler, üst kısımlarından yatay olarak yerleştirilmiş bir inci dizisi ile sınırlandırılmıştır.

Yüzey: Kahverengi-turuncu tonlarda astarlı; kabartmalı alanlarda yer yer aşınmalar mevcuttur.

Hamur ve Pişirim: Oksitleyici atmosferde pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Hamur: Açık kahverengi-turuncu; Astar: Canlı kırmızımsı kahverengi.

Karşılaştırmalar: Gordion ve Alişar buluntuları ile benzerlik göstermektedir (Stewart, 2010; von der Osten, 1937).

Tarihlendirme: Hellenistik Dönem?

Ek 7 (Şekil 5: 7)

Buluntu Yeri: Er. II'15

Buluntu No: 8019.24

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli, kalıp yapımı kâseye ait gövde parçası.

Korunma Durumu: Kabartma bezemenin net biçimde izlenebildiği çok küçük boyutlu bir parça.

Üretim Tekniği: Kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde düzeltilmiştir.

Bezemesi: Dış yüzeyde, muhtemelen bir asma dalından sarkan üzüm salkım bezemesi yer almaktadır.

Yüzey: Kahverengi-turuncu tonlarda astarlı; kabartmalı alanlarda yer yer aşınma görülmektedir.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi son derece azdır.

Renk: Hamur rengi açık kahverengi-turuncu; astar rengi kahverengi-turuncu.

Karşılaştırmalar: Gordion örnekleri ile benzerlik göstermektedir (Stewart, 2010).

Tarihlendirme: Hellenistik Dönem?

Ek 8 (Şekil 5: 8)

Buluntu Yeri: Er. I'15, 6

Buluntu No: 8014.2

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli bir kalıp yapımı kâseye ait gövde parçası.

Korunma Durumu: Kabartma bezemenin açıkça izlenebildiği nispeten küçük boyutlu bir parça.

Üretim Tekniği: Kap kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde düzeltilmiştir.

Bezemesi: Dış yüzeyde stilize bir palmet motifi yer almakta olup, motif iki paralel yivle sınırlandırılmıştır.

Yüzey: Astar nispeten iyi korunmuş; palmet kabartmasının yükseltilmiş alanlarında yer yer aşınma görülmektedir.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi son derece azdır.

Renk: Hamur rengi açık kahverengi-turuncu; astar rengi canlı kırmızımsı kahverengi.

Karşılaştırmalar: Tarsus örnekleri ile benzerlik göstermektedir (Goldman, 1950).

Tarihlendirme: Erken Hellenistik Dönem.

Ek 9 (Şekil 5: 9)

Buluntu Yeri: Er. I'15, 6

Buluntu No: 8010.41

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli, kalıp yapımı kâseye ait gövde parçası.

Korunma Durumu: Kabartma bezemenin açıkça seçilebildiği küçük boyutlu gövde parçası.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı; kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde son düzeltmeleri yapılmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde, bir saksı içerisinde betimlenmiş stilize bir palmye yaprağı bezeği yer almaktadır. Bitki, üç büyük dal veya yapraktan oluşmaktadır; üst kısımdan birbirine paralel uzanan iki yatay yivle sınırlandırılmıştır. Bu tür saksı içindeki bitki betimlemeleri, Hellenistik Dönem bitkisel bezekli kalıp yapımı kâse repertuarında özgün bir kompozisyon sunmaktadır.

Yüzey: Kırmızı astarlı; astar yüzeyi yer yer aşınmıştır.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Astar rengi canlı kahverengi-turuncu.

Karşılaştırmalar: Büyüktepe buluntularında yer alan Geç Hellenistik Dönem palmye yapraklı bezemeler ile tipolojik açıdan karşılaştırılabilir (Sagona vd., 1991, 1992).

Tarihlendirme: Hellenistik Dönem.

Ek 10 (Şekil 6: 10)

Buluntu Yeri: Er. II'16, 1-5/a-f

Buluntu No: 7518

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Hafif içe çekik ağızlı ve "S" profilli dudak yapısına sahip, kalıp yapımı küçük kâseye ait ağız parçası.

Korunma Durumu: Gövde ile ağız arasındaki belirgin geçişe sahip, nispeten büyük boyutlu ağız parçası.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı; kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, ağız ve dudak düzeltmeleri çark üzerinde tamamlanmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde, stilize palmet dizisinden oluşan bir bezeme kuşağı yer almaktadır. Beze-me, üstten dar bir inci dizisi ve onun üzerinde yer alan ince bir çizgi ile yivlerle sınırlandırılmıştır.

Yüzey: Kırmızı astarlı; yüzey kalitesi terra sigillata görünümündedir.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; çok ince dokulu, sert ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Astar rengi açık kahverengi; hamur rengi açık sarımsı kahverengi.

Karşılaştırmalar: Alişar buluntuları ile bezeme düzeni açısından benzerlik göstermektedir (von der Osten, 1937).

Tarihlendirme: Geç Hellenistik Dönem

Ek 11 (Şekil 6: 11)

Buluntu Yeri: Er. III'16, 3

Buluntu No: 8139

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: "S" kıvrımlı dışa dönük dudak yapısına sahip, yuvarlak gövdeli, omuz-karın geçişinde üçlü yivlerle sınırlandırılmış, kalıp yapımı kâseye ait ağız ve gövde parçası.

Korunma Durumu: Kabın yaklaşık yarısı korunmuş olup, dip kısmı eksiktir.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı; kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde son işlemleri yapılmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde yatay olarak düzenlenmiş bir palmet frizi yer almaktadır. Friz, üstten birbirine paralel uzanan üç, alttan ise tek bir çizgi ile yivlerle sınırlandırılmıştır.

Yüzey: Kırmızı, iyi uygulanmış astarlı.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Hamur ve astar: Canlı kahverengi-turuncu.

Karşılaştırmalar: Smyrna (İzmir) kazılarında ele geçen benzer biçimli örneklerle karşılaştırılabilir (Ersoy, 2013).

Tarihlendirme: Hellenistik Dönem.

Ek 12 (Şekil 6: 12)

Buluntu Yeri: Er. IV'16

Buluntu No: 8232

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli, kalıp yapımı küçük kâseye ait gövde parçası.

Korunma Durumu: Çok küçük boyutlu gövde parçası.

Üretim Tekniği: Kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde son düzeltmeleri yapılmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde, geniş yatay bir alanda yer alan ve incir meyvesini (?) andıran stilize bitkisel motifler yer almaktadır.

Yüzey: Kırmızı astarlı.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Açık kahverengi-turuncu.

Karşılaştırmalar: Ephesos'ta ele geçen, benzer floral bezeme gösteren bir kalıp örneği ile karşılaştırılabilir (Rogl, 2014, 117, Fig. 3/Typ 3).

Tarihlendirme: Hellenistik Dönem

Ek 13 (Şekil 7: 13)

Buluntu Yeri: Er. IV'16, 1

Buluntu No: 8223.2

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli, kalıp yapımı **kâseye** ait gövde parçası.

Korunma Durumu: Kabartma bezemenin açıkça seçilebildiği, nispeten küçük boyutlu gövde parçası.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı; kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde son düzeltmeleri yapılmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde bitkisel kabartma bezeme yer almaktadır. Muhtemelen akantus yapraklarından oluşan bir motif grubu, gövdede ise uzun taç yapraklar yer almaktadır.

Yüzey: Kırmızı astarlı.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Hamur rengi açık kahverengi-turuncu; astar siyahımsı kahverengi.

Karşılaştırmalar: Gordion ve Tarsus Gözlükule buluntuları ile benzerlik göstermektedir (Goldman, 1950: Lev. 130/163–164; Stewart, 2010: Fig. 238).

Tarihlendirme: Erken Hellenistik Dönem.

Ek 14 (Şekil 7: 14)

Buluntu Yeri: Er. I'15, 3

Buluntu No: 8006.20

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli, kalıp yapımı **kâsesine** ait düz taban parçası.

Korunma Durumu: Tabanın yaklaşık yarısı korunmuştur.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı; kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde son düzeltmeleri yapılmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde, taban merkezinden dışa doğru aralıklı ve düzenli sıralanmış uzun taç yapraklarla bezenmiştir.

Yüzey: Kırmızı astarlı; astar yüzeyi yer yer aşınmıştır.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Hamur rengi açık turuncu-kahverengi; dış yüzey astarı koyu turuncu-kahverengi; iç yüzey canlı gri-kahverengi.

Karşılaştırmalar: Tarsus Gözlükule buluntuları ile taban bezemesi açısından benzerlik göstermektedir (Goldman, 1950: Lev. 130/163–164).

Tarihlendirme: Erken Hellenistik Dönem

Ek 15 (Şekil 8: 15)

Buluntu Yeri: Er. III'16, 2

Buluntu No: 8093

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli, kalıp yapımı kâseye ait gövde parçası.

Korunma Durumu: Kabartma bezemenin açıkça izlenebildiği, nispeten küçük boyutlu gövde parçası.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı; kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde son düzeltmeleri yapılmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde hayvan biçimli bir figür yer almaktadır. Hayvanın başı cepheden, gövdesi ise profilden betimlenmiştir. Figürün muhtemelen bir inek veya sığırı temsil ettiği düşünülmektedir. Bezemeli alan, üst kısımda iki adet dar yatay yivlerle sınırlandırılmıştır.

Yüzey: Kırmızı astarlı; kabartmalı yüksek alanlarda yer yer aşınmalar mevcuttur.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Yüzey rengi canlı kahverengi-turuncu.

Karşılaştırmalar: Doğrudan benzer bir örnek tespit edilememiştir; figüratif bezeme açısından özgün bir örnektir.

Tarihlendirme: Hellenistik Dönem

Ek 16 (Şekil 8: 16)

Buluntu Yeri: Er. VII'17

Buluntu No: 70002

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli, kalıp yapımı kâseye ait gövde parçası.

Korunma Durumu: Üzerinde kabartma bezemenin bir bölümünün izlenebildiği, nispeten büyük boyutlu gövde parçası.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı; kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde son düzeltmeleri yapılmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde yan yana ve ardışık biçimde düzenlenmiş iki adet hayvan figürü yer almaktadır. Figürlerin eşek ya da benzer toynaklı bir hayvan betimlemesi olduğu düşünülmektedir. Bezemeli alanı sınırlayan iki adet yatay yivlerle sınırlandırılmıştır.

Yüzey: Kahverengi tonlarda astarlı; yüzey yer yer aşınmıştır.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Dış yüzey astarı: Açık kırmızımsı kahverengi; İç yüzey: Açık kahverengi ve yer yer siyahımsı kahverengi tonları.

Karşılaştırmalar: —

Tarihlendirme: Hellenistik Dönem

Ek 17 (Şekil 8: 17)

Buluntu Yeri: Er. IV'16, 1

Buluntu No: 8246

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli, kalıp yapımı kâseye ait gövde parçası.

Korunma Durumu: Küçük boyutlu gövde parçası.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı; kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde son düzeltmeleri yapılmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde doğalcı bir üslupla işlenmiş aslan kabartması yer almaktadır. Aslanın başı cepheden betimlenmiş olup, kulaklar ve yele detayları açıkça seçilebilmektedir. Gövdenin yan profili, pençeler ve kuyruk kısmı kırık nedeniyle eksiktir. Kabartmalı alan üstten ince bir yivle sınırlandırılmıştır.

Yüzey: Kırmızı astarlı; astar yüzeyi iyi korunmuştur.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Hamur: Açık sarımsı kahverengi; Astar: Kahverengi-turuncu.

Karşılaştırmalar: Ephesos kazılarında ele geçen kalıp yapımı kâselerdeki aslan tasvirleri ile üslup açısından karşılaştırılabilir (Rogl, 2014).

Tarihlendirme: Geç Hellenistik Dönem (MÖ 2.yüzyıl sonu).

Ek 18 (Şekil 8: 18)

Buluntu Yeri: Er. I'16

Buluntu No: 8503

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli, kalıp yapımı kâseye ait birbirine uyumlu iki gövde parçası.

Korunma Durumu: Biri küçük, diğeri daha büyük iki gövde parçası korunmuştur. Büyük parça üzerindeki hayvan figürlü kabartma alanda, yüzey kayıpları nedeniyle bezeme detayları yer yer belirsizleşmiştir.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı; kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde son düzeltmeleri yapılmıştır.

Bezemesi: Büyük parçada, iki yatay yivlerle sınırlandırılmış alan içerisinde uçuş halinde tasvir edilmiş bir kuş figürü yer almaktadır. Kuşun alt kısmında, başını yukarı kaldırmış vaziyette betimlenen, türü tam olarak belirlenemeyen bir hayvan başı seçilmektedir. Kuş ve hayvan figürleri arasında ince bir kabartma hat daha bulunmaktadır.

Yüzey: Koyu renkli astar iyi korunmuştur. Küçük parçada, astar henüz yaşken oluşmuş bir parmak izi görülür.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Hamur: Kahverengi-turuncu; Astar: Canlı kahverengi-turuncu.

Karşılaştırmalar: Benzer hayvan figürlü bezeme Dorylaion ve Gordion buluntuları ile paralellik göstermektedir (Goldman, 1950; Yedidağ, 2015).

Tarihlendirme: Hellenistik Dönem?

Ek 19 (Şekil 8: 19)

Buluntu Yeri: Karanlık Dere (Erikli Madenci Yerleşmesi'nin hemen batısı), yüzey buluntusu
Buluntu No: 9102

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli, kalıp yapımı kâsesine ait ağız ve gövde parçası.

Korunma Durumu: Üzerinde kabartma bezemenin bir kısmı izlenebilen, nispeten büyük boyutlu gövde parçası. Hayvan figürlü bezemeler büyük ölçüde aşınmıştır.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı; kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde son düzeltmeleri yapılmıştır.

Bezemesi: Üst yüzeyde, muhtemelen suda yüzmekte olan üç adet ördek tasviri yer almaktadır. Üç ördeğin ikisi neredeyse tamamen korunmuş, biri ise kısmen korunmuştur. Figürler profilden betimlenmiştir.

Yüzey: Kırmızı astarlı; astar, kabartmalı yüksek alanlarda büyük ölçüde aşınmıştır.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

Renk: Hamur: Canlı kahverengi-turuncu; Astar: Kahverengi-turuncu.

Karşılaştırmalar: Gordion buluntuları ile hayvan figürlü bezeme kurgusu açısından karşılaştırılabilir (Stewart, 2010).

Tarihlendirme: Hellenistik Dönem?

Ek 20 (Şekil 8: 20)

Buluntu Yeri: Er. I'16

Buluntu No: 8523

Hamur Grubu: ETWhell1b

Tanım: Kabartma bezemeli, kalıp yapımı kâseye ait ağız ve gövde parçası.

Korunma Durumu: Kabartma bezemenin açıkça seçilebildiği küçük boyutlu gövde parçası.

Üretim Tekniği: Kalıp yapımı; kap, kalıp içinde biçimlendirilmiş, çark üzerinde son düzeltmeleri yapılmıştır.

Bezemesi: Dış yüzeyde, profilden betimlenmiş bir ördek veya kaz figürü yer almaktadır. Baş kısmı ve üst gövde kısmı korunmuştur.

Hamur ve Pişirim: İndirgenmiş fırın ortamında pişirilmiş; sert, ince dokulu ve pekişik hamur.

Katkı: İyi elenmiş, katkı maddesi oldukça az olan temiz hamur.

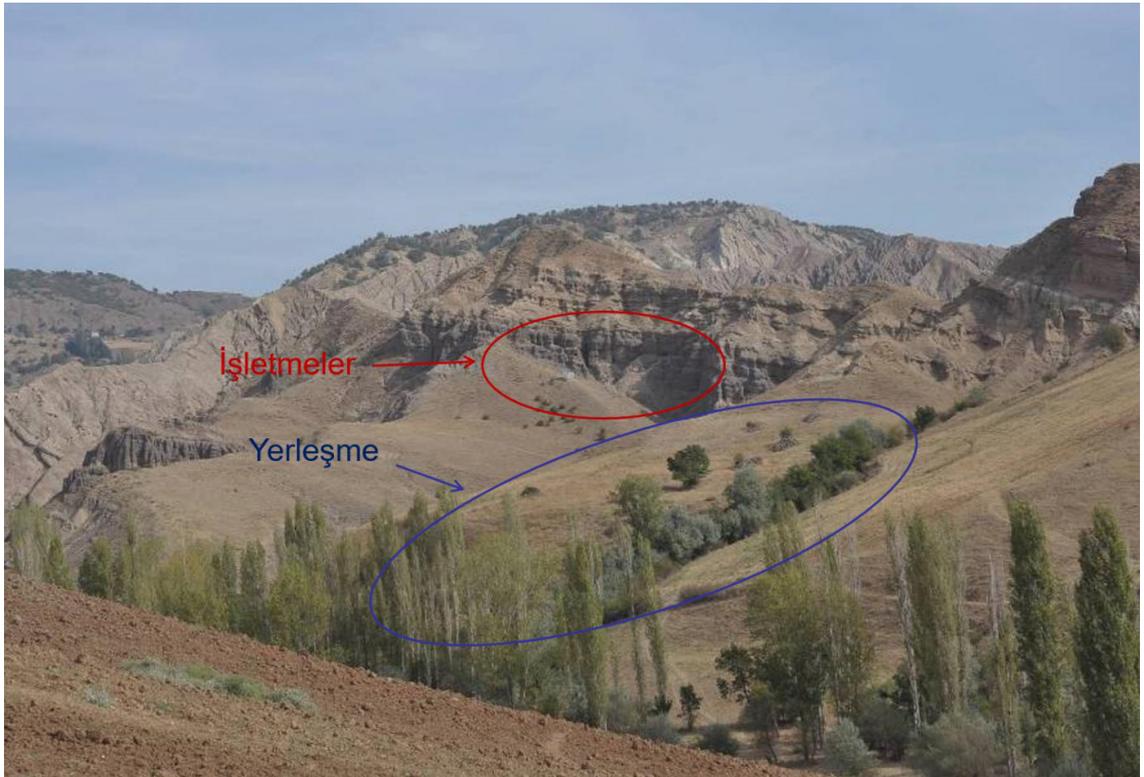
Renk: Hamur: Kahverengi; Astar: Açık kahverengi.

Karşılaştırmalar: Ephesos ve Gordion buluntularındaki kuş figürlü örneklerle tipolojik benzerlik göstermektedir (Rogl, 2014; Stewart, 2010).

Tarihlendirme: Hellenistik Dönem



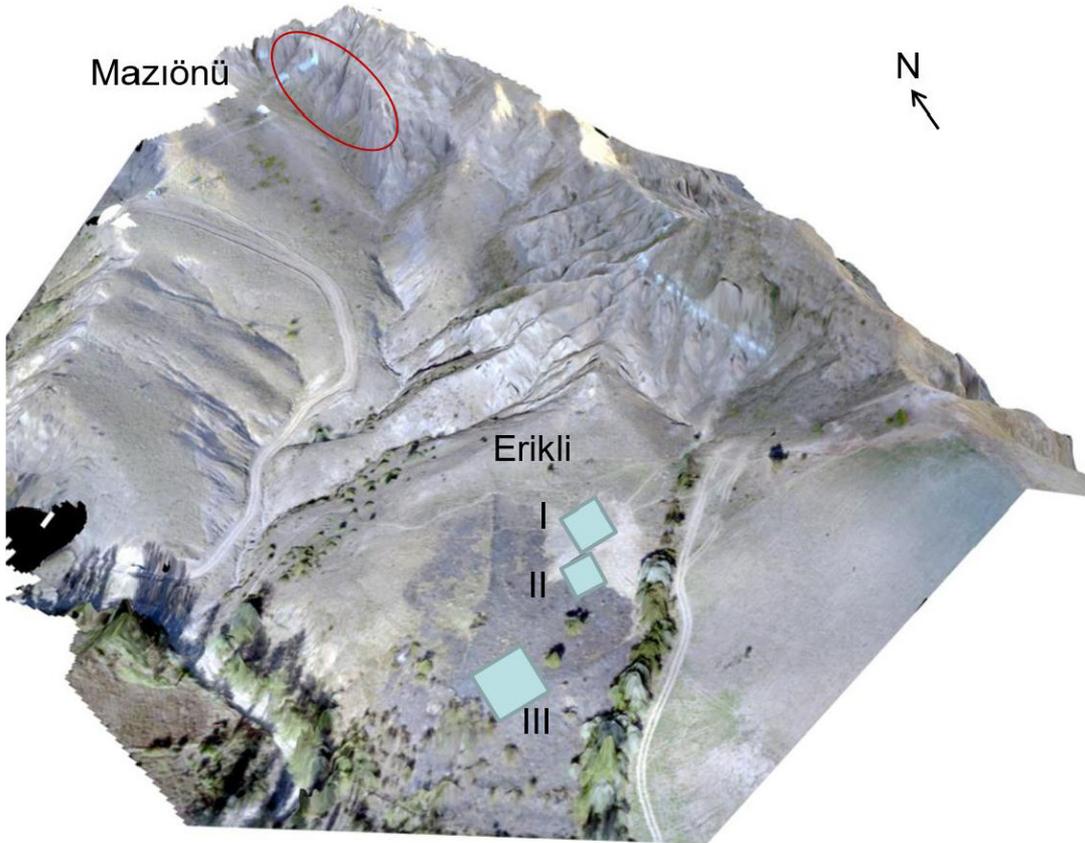
Şekil 1: Derekutuğun coğrafi konumu (Derekutuğun Kazı Arşivi)



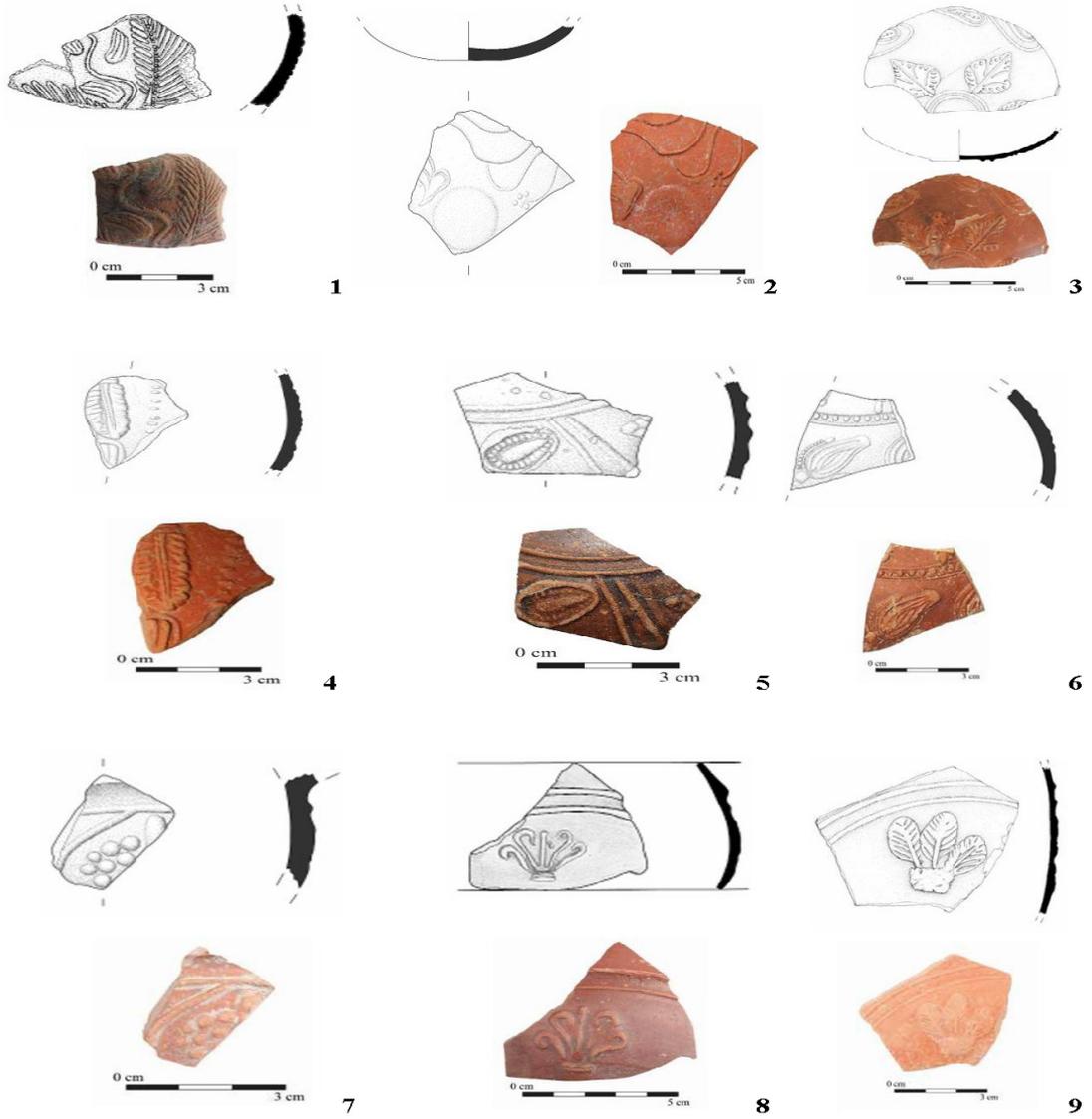
Şekil 2: Yerleşme kısmında Erikli Mevkii, İşletmeler kısmında Mazıönü Mevkii (Derekutuğun Kazı Arşivi)



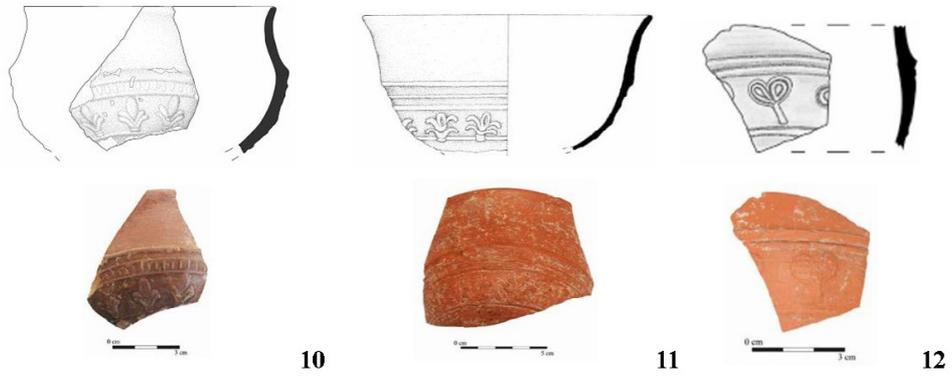
Şekil 3: Maziönü Mevkii maden galerileri ve ocakları (Derekutuğun Kazı Arşivi)



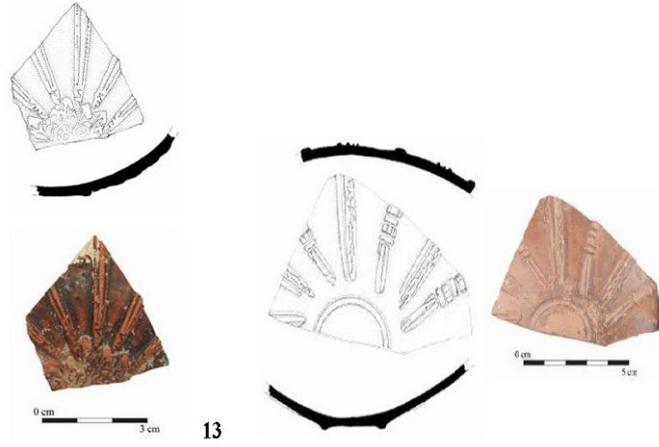
Şekil 4: Erikli Mevkii yerleşimindeki aşmalar (Derekutuğun Kazı Arşivi)



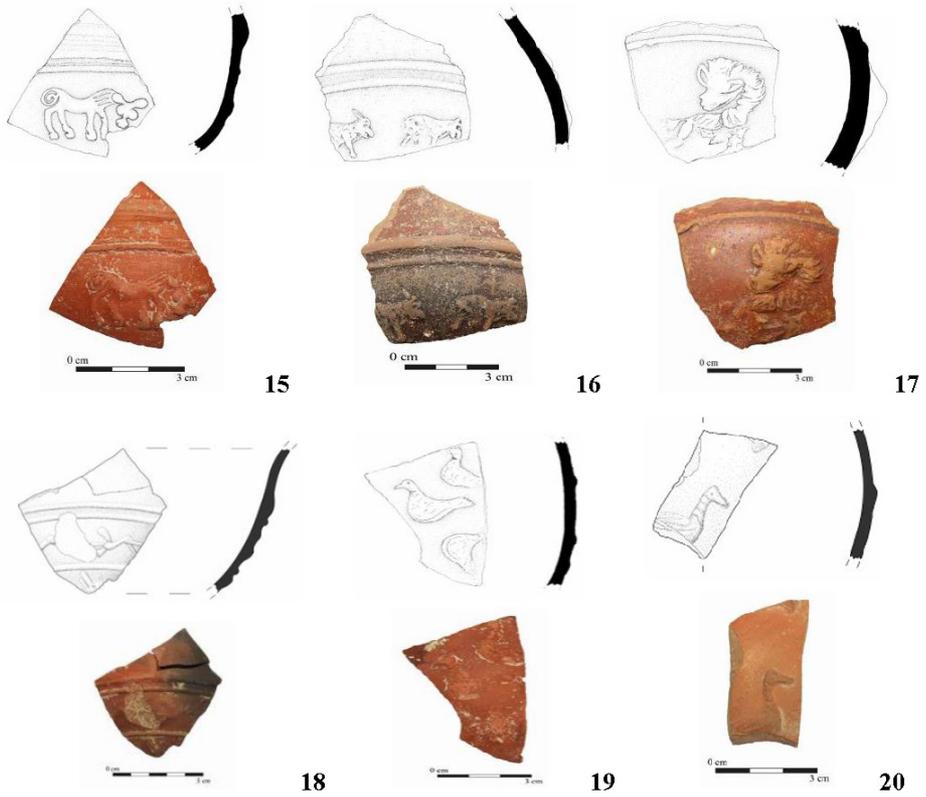
Şekil 5: Bitkisel bezemeli kâseler (Derekuğuun Kazı Arşivi)



Şekil 6: Kenar bordürleri bitkisel bezemeli kâseler (Derekuğuun Kazı Arşivi)



Şekil 7: Uzun taç yapraklı kâseler (Derekutuğun Kazı Arşivi)



Şekil 8: Figürlü kâseler (Derekutuğun Kazı Arşivi)

Görünmeyeni Görmek: Artırılmış Gerçeklik ve Arkeolojik Bilginin Ontolojik Dönüşümü Üzerine Eleştirel Bir Analiz

Ahmet Rüstem Ekici^a, Hakan Sorar^b

Özet

Bu çalışma, Artırılmış Gerçeklik (AG) teknolojisinin arkeoloji disiplinindeki yerini, teknik bir görselleştirme aracı olmanın ötesinde, geçmişini anlama ve yorumlama biçimlerimizi dönüştüren epistemolojik bir lens olarak ele almaktadır. Çalışma, Walter Benjamin'in "aura" kavramı, Jussi Parikka'nın medya arkeolojisi ve uluslararası kültürel miras tüzükleri (Londra Şartı ve Sevilla İlkeleri) çerçevesinde yapılandırılmış bir literatür incelemesi ve kavramsal analizdir. Artırılmış Gerçeklik teknolojisi ile geleneksel müzecilikte "eksik olanı tamamlama" refleksine karşı, Kazı İzleri sergisi kapsamında Aşıklı Höyük'ten ilhamla üretilen *Layers* ve *Figurine Non* gibi sanatsal müdahalelerin, arkeolojik verideki belirsizliği ve çok sesliliği galeri ortamında nasıl görünür kıldığı tartışılmaktadır. Ayrıca, fiziksel eserin nakliyesi yerine artırılmış gerçeklik teknolojili dijital ikizlerin dolaşımıyla sağlanan "uzaktan araştırma" olanakları ve "doğuştan dijital" mirasın ticari platformlarda (örn.: Artivive) karşı karşıya kaldığı sürdürülebilirlik riskleri, etik ve pratik boyutlarıyla analiz edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Artırılmış Gerçeklik (AG), Arkeoloji kuramı, Dijital miras, Sanat ve arkeoloji diyalogu, Doğuştan dijital

Abstract

This study examines the role of Augmented Reality (AR) technology in the discipline of archaeology beyond its use as a mere technical visualization tool, situating it as an epistemological lens that transforms our ways of understanding and interpreting the past. Structured as a literature review and conceptual analysis, the study is framed within Walter Benjamin's concept

a Bağımsız Sanatçı, İstanbul, Türkiye. info@aredeko.com ; <https://orcid.org/0009-0004-2423-2153>

b Bağımsız Sanatçı, İstanbul, Türkiye. info@aredeko.com ; <https://orcid.org/0009-0007-0011-1156>

Makale gönderim tarihi: 24 Kasım 2025; Makale kabul tarihi: 10 Ocak 2026

of “aura”, Jussi Parikka’s media archaeology, and international cultural heritage charters (the London Charter and the Seville Principles). It discusses how artistic AR interventions such as *Layers* and *Figurine Non*, produced within the scope of the Lines of Site exhibition inspired by Aşıklı Höyük, make the uncertainty and polyphony in archaeological data visible in a gallery setting, countering the traditional museological reflex of “completing the missing”. Furthermore, the opportunities for “remote research” provided by the circulation of digital twins instead of the transport of physical artifacts, and the sustainability risks faced by “born-digital” heritage on commercial platforms (e.g. Artivive), are analyzed in their ethical and practical dimensions.

Keywords: Augmented Reality (AR), Archaeological theory, Digital heritage, Art and archaeology dialogue, Born-digital.

Giriş: Görselleştirmeden Kavramsal İnşaya

Arkeoloji, doğası gereği parçalar halindeki verileri bir araya getirerek geçmişi yeniden kurgular. Dijital teknolojilerin ve özellikle Artırılmış Gerçeklik (AG) uygulamalarının bu pratiğe entegrasyonu, disiplinin bilgi üretim ve paylaşım süreçlerinde köklü bir ontolojik kaymaya işaret etmektedir. Geleneksel yaklaşımlar, AG teknolojisini genellikle yıkık bir yapıyı sanal olarak “ayağa kaldırmak” veya eksik bir çömleği “tamamlamak” gibi pozitivist ve rekonstrüktif amaçlarla kullanma eğilimindedir. Örneğin Olympia antik kentindeki tapınakların sanal rekonstrüksiyonuna odaklanan *Archeoguide* (Vlahakis vd., 2002) veya Pompeii’de geçmiş yaşamı simüle etmeyi amaçlayan *LIFEPLUS* (Magenat-Thalmann & Papagiannakis, 2010; Papagiannakis vd., 2002) projeleri, bu eğilimin ilk ve önemli örneklerindedir. *Archeoguide* projesi, AG’nin arkeolojideki ilk büyük ölçekli uygulamalarından biridir. Olympia’daki tapınakların eksik sütunlarının dijital olarak tamamlanması izleyiciye “idealize edilmiş” bir geçmiş sunar. Bu durum, AG’nin sunduğu rekonstrüktif amaçların getirdiği “tek ve kesin versiyon” riskini somutlaştırır. Yıkık bir sütun, zamanın geçişini ve entropiyi (bozulmayı) temsil ederken, dijital tamamlama bu tarihsel tanıklığı silerek, geçmişi adeta “dondurulmuş bir ana” hapseder. *LIFEPLUS* projesi ise Pompeii’de sanal Romalı karakterlerin (avatarların) dolaştırılmasını içermektedir. Bu yönüyle uygulama, tarihsel gerçekliğin ticarileşen ve sığlaşan bir simülasyona dönüşmesi riskini taşıyabilir.

Bu yaklaşımlar, izleyiciye geçmişin tek ve kesin bir versiyonunu sunma ve izleyicinin hayal gücünü kullanma alanını daraltma riski taşımaktadır. Örneğin, kırık bir tabağa AG lensinden bakınca ortaya çıkan tamamlama, izleyiciye hatalı bir hayal gücü deneyimi yaşatabilir. Bu tespitten hareketle bu çalışma, yaygın AG kullanımlarında görülen, teknolojinin işlevsel kullanımının ötesine geçerek, arkeolojik bilginin fenomenolojik deneyimini ve “gerçeklik” iddiasını nasıl yeniden yazdığını sorgulamaktadır. Bu bağlamda fenomenolojik yaklaşım, arkeolojik nesnenin fiziksel mevcudiyetinden ziyade; izleyicinin nesneyle kurduğu duyuşsal etkileşimi ve

bu etkileşimin bilinçte inşa ettiği öznel anlamlandırma sürecini merkeze alır. Bu kapsamda çalışma, iki temel eksen üzerine oturmaktadır. Birincisi, AG'nin müze ve ören yerlerinde “kesinlik” yanılması yaratan rekonstrüksiyon aracı kullanımı ile sanat-arkeoloji kesişiminde “belirsizliği” vurgulayan kavramsal kullanımı arasındaki gerilimdir. İkincisi ise, dijital verinin kendisinin bir “miras” nesnesi haline gelmesiyle ortaya çıkan koruma, sürdürülebilirlik ve mülkiyet sorunlarıdır. Aşıklı Höyük'ten ilhamla (Özbaşaran, 2012; Özbaşaran vd., 2018) üretilen Kazı İzleri (*Lines of Site*) sergisi kapsamındaki dijital eserler, bu teorik tartışmanın somut bir izdüşümü olarak incelenecektir.

“Aura”, Medya ve Dijitalin Maddeselliği

Benjamin'in 1936 tarihli “Mekanik yeniden üretim çağında sanat eseri” makalesi, sanatsal auranın yeniden üretimle birlikte kaybını öne sürerek dijital miras üzerine tartışmaların temelini atmıştır. Bugün halen dünyada dijital miras tartışmaları, sıklıkla Walter Benjamin'in sanat eserinin “biricikliği” ve “şimdi ve burada” oluşuyla ilişkilendirdiği “aura” kavramına referans verir. Özellikle Davis (1995) ve Bolter ve Grusin'in (1999) dijital kopyaların orijinallik algısını nasıl dönüştürdüğüne dair çalışmaları bu bağlamda temel metinlerdir. Benjamin, fotoğraf ve sinema gibi mekanik yeniden üretimin eserin bağlamını kopararak aurasını yok ettiğini savunurken (bkz.: Benjamin, 1969 [1935/36]), güncel dijital miras kuramcıları bu görüşü yeniden değerlendirmektedirler. Bu bağlamda, Davis (1995) ile Bolter ve Grusin'in (1999) *remediation* (yeniden biçimlendirme) teorisi, yeni bir medyanın (örneğin AG gibi) eski medyayı (fiziksel heykel) içine alarak dönüştürdüğünü ve dijital kopyanın orijinalligi tehdit etmekten ziyade yeniden biçimlendirdiğini savunurken, Cameron (2007), geleneksel müzeciliğin kutsallaştırılmış nesne yaklaşımının aksine, dijital nesnelerin artık kendi maddi ve “sosyal hayatı” olduğunu ileri sürer. Latour ve Lowe (2011) ise “auranın göçü” kavramıyla, dijital kopyanın orijinalin değerini artırabileceğini öne sürmektedir. Bu bağlamda, bir nesnenin dijital kopyası ne kadar çok dolaşıma girerse, aurası o denli müzakere edilmiş ve güçlenmiş bir biçimde geri dönmüş olacaktır. Bu açıdan Latour ve Lowe (2011) Benjaminci tezi tersine çevirirler. Yanı sıra, AG teknolojisi, fiziksel nesnenin aurasını yok etmek yerine, izleyici ile veri arasında kurulan etkileşimli ve performatif ilişki üzerinden, Wang ve Kim'in (2021) “müzakere edilmiş aura” (*negotiated aura*) olarak tanımladığı yeni bir deneyim alanı yaratmaktadır. Bu bağlamda aura, nesnenin kendisinde değil, izleyicinin dijital katmanla kurduğu diyalogda, yani deneyimin kendisinde aranmalıdır.

Bu diyalog, Parikka'nın “medya arkeolojisi” perspektifiyle bakıldığında, teknolojik altyapının kırılabilirliğine de işaret eder. Parikka (2012), dijital kültürün maddi olmayan bir bulut değil, donanım, enerji ve yazılımdan oluşan jeolojik bir katman olduğunu vurgular. Dijital deneyim, “doğuştan dijital” bir katman olarak, binlerce yıl dayanan arkeolojik buluntunun aksine, yazılım güncellemeleri ve format eskimesi (*obsolescence*) gibi tehditlerle, son derece geçici bir varoluşa sahiptir.

İşlevsel Kullanımdan Sanatsal Müdahaleye: Aşıklı Höyük ve Kazı İzleri Sergisi

Arkeolojik alanlarda AG kullanımı genellikle ziyaretçiye “geçmişte burası tam olarak böyleydi” diyen otoriter bir rekonstrüksiyon sunar. Aşıklı Höyük Dostları Derneği’nin girişimiyle gerçekleşen Kazı İzleri (*Lines of Site*) sergisi, bu yaklaşımı tersyüz eden önemli bir örnektir (Friends of Aşıklı Society, 2022). Ahmet Rüstem Ekici ve Hakan Sorar’ın bu sergi için ürettiği eserler, arkeolojik veriyi kesin bir bilgi olarak değil, yorumlamaya açık bir “ihtimal” olarak sunar. Önemli bir ayırım olarak, bu eserler Aşıklı Höyük kazı alanında “yerinde (*in situ*)” bir deneyim olarak değil, İstanbul ve yurtdışındaki galerilerde fiziksel baskılar üzerine kurgulanmış bir AG deneyimi olarak izleyiciyle buluşmuştur. Böylece arkeolojinin doğasından ilhamla ortaya çıkan eserler, kazı alanından dokular, yüzeyler, AutoCAD çizimleri gibi verilerden ortaya çıkmıştır.

Belirsizliğin Estetiği: Figurine Non

Aşıklı Höyük kazılarında ortaya çıkan figürinlerin en belirgin özelliği, cinsiyet özelliklerinin belirsizliği ve biçimsel sadeliğidir (Özbaşaran, 2017; Sönmez, 2018; Yelözer, 2022). Sanatçılar, bu nesnelerin statik birer kimlik temsili olmaktan çok, toplumsal cinsiyetin akışkan olduğu bir dünyanın izleri olabileceğine dikkat çeker ve sorular sorar; Özbaşaran’ın “Küçük kil figürinin büyük soruları” başlıklı makalesinden ilhamla (Özbaşaran, 2017), bir Aşıklı Höyük figürininin doğasını dijital araçlarla birleştirerek ona dönüşen bir beden tanımlarlar ve böylelikle *Figurine Non* isimli eser ortaya çıkar (Şekil 1). Eserin baskısına artırılmış gerçeklik uygulaması olan Artivive uygulaması ile bakıldığında eser ve figürin hareketlenmektedir. Böylece sabit olan beden sürekli bir dönüşüme girer. İzleyici de eserin bu katmanını aktif hale getiren bir katılımçıya dönüşür. Bu eser arkeolojinin muğlak alanlara çoklu bakışı vurgulayan bir örnektir. Kısaca bilimsel bir arkeoloji makalesi sanatçılara bilgi ve yorum olarak ilham verirken AG teknolojisi burada bir araç olarak dönüşüm üzerine kasıtlı bir diyalog alanı oluşturmuştur. Oysa, sadece bilimsel veya toplumsal bir kaygıyla, figürin taranıp, dijital ikizi oluşturulup, AG araçları ile bu dijital ikizi her an her yerde deneyimlenir hale de getirilebilir. Bu arkeoloji bilimine, müze ve eser deneyimine hizmet eder. Ancak sanatsal bir pratikten çok yaratıcı bir deneyim pratiğidir. *Figurine Non* adlı eserin bir makaleden ilhamla dikkat çektiği perspektif ve AG kullanımının olasılıkları ise daha sanatsal ve kavramsal bir yerde konumlanmaktadır. Galeri ortamında sergilenen fiziksel baskılar, Artivive uygulaması aracılığıyla tarandığında, statik görüntü hareketli bir dijital katmanla zenginleşir (Ekici ve Sorar, 2024). AG teknolojisi burada, figürinleri tek bir “doğru” formda sabitlemek yerine, onları sürekli dönüşen, cinsiyet atamalarından kaçınan akışkan formlar olarak sunar. Bu yaklaşım, arkeolojik verinin “boşluklarını” doldurmak yerine, feminist ve queer teoriden yola çıkarak (Butler, 1990, 1993) o boşlukların yarattığı anlam potansiyelini vurgular.

Arkeolojinin geçmişi yorumlarken modern ikili heteronormatif (kadın-erkek) kalıpları dayattığı eleştirisi, özellikle 2000’li yılların başından bu yana, arkeolojik veriyi feminist ve queer teori perspektifinden yorumlayan birçok araştırmacı tarafından güçlü bir şekilde ifade edilmiştir (örn.: Blackmore, 2011; Conkey, 2003; Cook, 2019; Dowson, 2000; Geller, 2017; Joyce, 2008; Voss, 2008). Bu eleştiriler, geçmişteki bedenlerin sadece biyolojik cinsiyetten (*sex*) ziyade, “performatif toplumsal cinsiyet (*gender*)” üzerinden anlaşılması gerektiğini savunmaktadır. Nitekim Aşıkli Höyük figürinlerinin kasıtlı “belirsiz” cinsiyeti, bu eleştiri için mükemmel bir zemin oluşturur. Sanatçıların *Figurine Non* eserinde cinsiyeti “akışkan” hale getirmesi, arkeolojinin feminist ve queer eleştirilerinin dijital sanattaki karşılığını sunmaktadır. Özellikle dijital katmanda sürekli değişim halinde olan figürinler, cinsiyetin Butler’ın (1990, 1993) da işaret ettiği gibi sabit bir “öz” değil, sürekli tekrar edilen bir “performans” olduğunu vurgulamakta ve bu sayede indirgemeci yorumlardan kaçınılmasını sağlamaktadır.

Kültürel mirasın dijitalleşmesi alanında etik standartları belirleyen Londra Şartı (2009), dijital görselleştirmelerin entelektüel dürüstlüğüne sağlamayı hedeflerken; Sevilla İlkeleri (2017) bu şartı arkeolojiye uyarlayarak, sanal rekonstrüksiyonların sadece teknik bir başarı değil, şeffaf ve bilimsel dayanaklı bir araştırma süreci olması gerektiğini vurgular. *Figurine Non* eserinde kullanılan yöntem, “Uluslararası Sanal Arkeoloji İlkeleri”nin (Sevilla İlkeleri, 2017) temelini oluşturan “İlke 7: Bilimsel Şeffaflık” kavramıyla doğrudan örtüşmektedir. Londra Şartı’nın (2009) devamı niteliğindeki bu anayasal belge, özellikle dijital olarak yeniden yapılandırılan arkeolojik nesnelerin bilimsel titizliğini sağlamak amacıyla, görselleştirmenin dayandığı “somut bulgular” ile “uzman yorumuna” dayanan eklemeler arasındaki ayrımın bir “şeffaflık belgesi (*paradata*)” ile açıkça belirtilmesini zorunlu kılar. Ancak bu şeffaflık ihtiyacı, cep telefonu teknolojisinin sürekli gelişimi (örneğin 2015 ve 2025 yılında çekilen fotoğraf çıktılarının yüzey dokusu ve çözünürlük farkları) ve AG araçlarının kendi aktarım farklılıkları nedeniyle karmaşıklaşmaktadır. Zira dijital araçlar, arkeolojik nesnenin sanal kopyasını oluştururken gerçeğini istemsizce değiştirebilme potansiyeline sahiptir. Bu durumun bilincinde olan, ancak kendisini bilimsel illüstrasyondan ayırarak sanatın özgür alanına giren projeler, Kazı İzleri sergisindeki eserler gibi, kendilerini baştan sanatsal yorum olarak tanımlayarak bu etik ilkeye, adeta gerçekmiş gibi yapan birçok bilimsel rekonstrüksiyondan daha sadık kalmaktadır. Bu yaklaşım, izleyiciye sunulan görüntünün bilimsel veriden ziyade yoruma dayandığını peşinen kabul etmektedir.

Veriyi Yoğurmak: Layers Eseri

Layers eseri, höyüğün stratigrafik (katmanlı) yapısını dijital bir metafor olarak kullanır (Şekil 2). Arkeologlar toprağı kazarak geçmişe inerken, izleyici de mobil cihazı aracılığıyla eserin dijital katmanlarına nüfuz eder. Burada AG, fiziksel dünyada görünmeyen veriyi simüle etmek için değil, arkeolojik sürecin kendisine—yani keşfetme, katmanları kaldırma ve anlamlandırma

eylemine—bir örgü olarak kurgulanmıştır. Bu eser, LİDAR taramaları ve fotogrametrik verileri ham birer kanıt olarak değil, estetik birer malzeme olarak kullanarak veriyi “yoğurmuş” ve yeniden şekillendirmiştir. Eserdeki dokular Aşıklı Höyük’ten çekilmiş dokuların sanal yazılımlarla derinleştirilerek kurgulanması ile oluşmuştur. Yerleşim için yine kazı alanının AutoCAD çizimlerinden faydalanılmıştır. Aşıklı Höyük’ün sunduğu hasır gibi örgü malzemelere dair verilerden ilhamla (bkz.: Tsartsidou, 2018; Tsartsidou vd., 2025) eser tekstil bir örgü üzerine baskı alınarak oluşturulmuştur. Sanatçılar bilinçli olarak eserin bazı yerlerini boş ve delik olarak bırakmışlardır. Artırılmış gerçeklik aracı ile dolan bu boşluklar, höyüğün henüz kazılmamış bölgelerine bir gönderme olabileceği gibi arkeolojinin görünen ve görünmeyen bağlamındaki yapısına da değinir. Buradaki amaç, tıpkı arkeoloji gibi çoklu bir lensle veriye odaklanmak ve arkeolojinin görünen ve görünmeyen bağlarının altını çizmektir. Eser Kazı İzleri sergisinde sergilenmiştir.

Arkeolojide Uzaktan Erişim ve Demokratikleşme, Koruma Paradoksu ve Etik Standartlar

AG ve üç boyutlu (3B) modelleme teknolojilerinin arkeoloji bilimine sunduğu en somut katkılardan biri, fiziksel erişimin kısıtlı olduğu durumlarda “uzaktan araştırma” (*remote research*) ile eğitimin önünü açması ve kültürel miras ile etkileşimi daha eşitlikçi bir hale getirmesidir. Bunu, iki başlık altında inceleyebiliriz: fiziksel nakliye yerine veri nakliyesi ve kültürel mirasın demokratikleşmesi.

Geleneksel arkeoloji pratiğinde, bir eserin ayrıntılı incelenmesi için araştırmacının ilgili müzeye seyahat etmesi veya eserin büyük risk ve yüksek maliyet altında başka bir laboratuvara taşınması şarttı. Bununla birlikte, fiziksel incelemeler sıklıkla sadece coğrafi mesafelerle değil; karmaşık izin prosedürleri, kurumsal kapasite sınırlılıkları ve ülkelerin kültür varlıklarına dair uyguladığı değişken yasal mevzuatlar gibi idari ve hukuki engellerle sekteye uğrayabilir. Ancak günümüzde, fotogrametri ve lazer tarama gibi tekniklerle oluşturulan yüksek çözünürlüklü 3B modeller, fiziksel nesnenin dijital ikizi olarak coğrafi sınırları aşarak dünyanın herhangi bir yerindeki araştırmacılara anında ulaştırılabilmektedir (Wessex Archaeology, 2022). Bu dönüşüm, 3B modellerin yalnızca görselleştirme amaçlı değil, aynı zamanda analitik veri üretimi için de kritik bir araç olarak kullanılabileceğini kanıtlayan çalışmalarla desteklenmiştir. Örneğin, Opgenhaffen (2022a), binlerce kilometre ötedeki pişmiş toprak figürinlerin parmak izi gibi mikroskobik detaylarının, 3B model üzerinde uygulanan ışık manipülasyonu ve yakınlaştırma (*zoom*) sayesinde, fiziksel incelemeden dahi daha detaylı analiz edilebildiğini göstermiştir. Opgenhaffen’in bu çalışmayı destekleyen ve yöntemi kamuya tanıtan “*Innovating a tactile archaeological specialism with digital 3D technology*” başlıklı sunumu da (Opgenhaffen, 2022b) bu yöntemin kapsayıcılığını vurgular. Bu gelişmiş dijital inceleme yeteneği, eserlerin fiziksel bütünlüğünü korurken bilginin üretimini coğrafi sınırlardan kurtararak ve laboratuvar erişimini sanal ortama taşıyarak, arkeolojik veriye erişimde önemli bir demokratikleşme sağlamaktadır.

Bu durum, eserlerin fiziksel bütünlüğünü korurken bilimsel iş birliğini küresel ölçekte hızlandırmaktadır. Aynı zamanda 3 boyutlu baskı teknolojileri ile kazı alanında bulunmuş bir verinin modeli ölçekli şekilde basılabilir. Çoğaltılabilen bu kopya nesne bir başka araştırmacıya fiziksel veriler sunabilir. Bu dijital dolaşım, sadece akademik dünya için değil, halkın erişimi için de devrim niteliğindedir. British Museum veya Louvre gibi merkezlerdeki eserlerin 3D modellerinin Sketchfab gibi platformlarda paylaşılması, bu eserleri “ziyaret edilen” kutsal nesnelere, “etkileşime girilen” kamusal verilere dönüştürür (Sketchfab, 2018). Fiziksel veya ekonomik engelleri olan bireylerin, evlerinden bir eseri 360 derece inceleyebilmesi, mirasın demokratikleşmesi adına güçlü bir adımdır. Ancak bu demokratikleşme iddiası, eleştirel bir şerhi de zorunlu kılar. Küresel ölçekte teknolojik altyapıya erişimdeki eşitsizlikler (dijital uçurum), söz konusu ‘demokratik’ ortamın sınırlarını çizer. Dahası, dijital miras verisini üreten kitlenin coğrafi ve demografik dağılımındaki dengesizlikler; dijitalleşmenin ne kadar kapsayıcı olduğu ve geçmişin dijital inşasında kimlerin (hangi bölgelerin veya toplumsal grupların) sesinin baskın çıktığı sorusunu gündeme getirebilir.

AG teknolojisinin getirdiği bu imkanlar, beraberinde ciddi bir sürdürülebilirlik krizini de getirmektedir. Arkeoloji “kalıcı” olanla ilgilenirken, dijital teknolojiler “geçici” ve hızla eskleyen bir doğaya sahiptir. Örneğin, *Layers* ve *Figurine Non* eserleri, fiziksel bir baskı ve dijital bir katmandan oluşur. Ancak eserin ruhunu oluşturan dijital katman, Artivive gibi ticari bir üçüncü taraf uygulamasının sunucularında barınmaktadır (Artivive, 2025). UNESCO’nun “Dijital Mirasın Korunması Şartı”nda (2003) belirtilen riskler burada somutlaşır: yazılım şirketinin hizmeti durdurması, uygulamanın güncellenmemesi veya kullanıcı hesabının kapanması durumunda, eserin dijital katmanı yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır.

Artivive’in kullanım koşullarında belirtilen, silinen içeriğin kısa süre içinde sunuculardan kalıcı olarak kaldırılması veya aktif olmayan hesapların içeriklerinin devre dışı bırakılması gibi maddeler, “kalıcı olması beklenen” bir sanat/arkeoloji projesi için ciddi bir ontolojik tehdittir (Artivive, 2025). Bu durum, Jussi Parikka’nın “zombi medya” kavramını akla getirir (Parikka, 2012); çalışmayan bir karekod veya açılmayan bir uygulama, dijital bir harabedir. Binlerce yıllık Aşıklı Höyük kalır, ancak onu anlatan 2021 yapımı dijital eser, 2030 yılında “okunamaz” hale gelebilir.

Dijital arkeoloji projelerinin bilimsel ve etik çerçevesini belirleyen Londra Şartı (2009) ve Sevilla İlkeleri (2017), “şeffaflık” ve “sürdürülebilirlik” konularına vurgu yapar. AG uygulamalarında gösterilen rekonstrüksiyonun ne kadarının kazı verisine ne kadarının sanatçının/yazılımcının hayal gücüne dayandığı (*paradata*) açıkça belirtilmelidir. Kazı İzleri sergisi, sanatsal bir yorum olduğunu baştan beyan ederek bu ilkeye sadık kalır; ancak birçok turistik AG uygulaması, spekülasyon görüntüleri “gerçek” gibi sunarak bu ilkeyi ihlal etmektedir. Yanı sıra, dijital verinin uzun vadeli korunması da projenin ayrılmaz bir parçası olmalıdır. Ticari ve kapalı (*proprietary*)

platformlara bağımlılık, bu ilke açısından en zayıf halkadır. Dijital mirasın geleceğini tehdit eden bir diğer unsur da kapalı veri depolarının oluşmasıdır. Güncel projeler arasında Bağlı Açık Veri (*Linked Open Data*) gibi ortaklaşa çalışabilirliği sağlayan standartların yeterince benimsenmemesi, üretilen dijital verinin küresel bilgi ağlarına entegre olmadan izole kalmasına neden olmaktadır.

Sonuç: Geleceğin Dijital Stratigrafisi

Artırılmış Gerçeklik, arkeolojide sadece görsel bir “makyaj” değil, geçmişle kurulan ilişkiyi yeniden tanımlayan felsefi bir araçtır. Aşıkli Höyük’ten ilham alan Kazı İzleri sergisi örneğindeki sanatsal yaklaşımlar, teknolojinin sadece “bilineni” göstermek için değil, “bilinmeyeni” ve “müphemliği” deneyimletmek için de kullanılabilirliğini kanıtlamaktadır. Bu deneyim, nesnenin fiziksel aurasının yerini alan değil, onunla müzakere eden melez bir aura yaratır.

Ancak bu dijital katmanlaşma, arkeolojinin sorumluluk alanını genişletmektedir. Artık sadece toprağın altındaki fiziksel katmanları değil, sunuculardaki dijital kodları da korumak zorundayız. Geleceğin arkeolojisi, 3B modellerin uzaktan analiziyle bilimi hızlandırırken, “planlı eskitme”ye (*planned obsolescence*) direnen, açık kaynaklı ve sürdürülebilir dijital arşivleme stratejileri geliştirmek zorundadır. Aksi takdirde, bugün “görünmeyeni görünür kılan” teknolojilerimiz, yarının “okunamayan dijital çöpleri” haline gelecektir.

Kaynakça

- Artivive (2025). Terms and conditions. Artivive Web Sitesi. Erişim tarihi: 4 Kasım 2025. <https://artivive.com/terms-and-conditions/>
- Benjamin, W. (1969 [1935/36]). The work of art in the age of mechanical reproduction. (H. Zohn Çev.). In H. Arendt (Ed.), *Illuminations* (pp. 217-251). Schocken Books.
- Blackmore, C. (2011). How to queer the past without sex: queer theory, feminism and the archaeology of identity. *Archaeologies*, 7, 75-96. <https://doi.org/10.1007/s11759-011-9157-9>
- Bolter, J. D., & Grusin, R. (1999). *Remediation: understanding new media*. The MIT Press.
- Butler, J. (1990). *Gender trouble: Feminism and the subversion of identity*. Routledge.
- Butler, J. (1993). *Bodies that matter: on the discursive limits of 'sex'*. Routledge.
- Cameron, F. R. (2007). Beyond the cult of the object: digital heritage, hypermediacy and discourse. In F. Cameron & S. Kenderdine (Eds.), *The handbook of material culture* (pp. 522-532). The MIT Press.
- Cook, K. (2019). EmboDIYing disruption: queer, feminist and inclusive digital archaeologies. *European Journal of Archaeology*, 22(3), 398-414. <https://doi.org/10.1017/ea.2019.23>
- Conkey, M. (2003). Has feminism changed archaeology? *Signs: Journal of Women in Culture and Society*, 28(3), 867-880. <https://doi.org/10.1086/345322>
- Davis, D. (1995). The work of art in the age of digital reproduction (an evolving thesis: 1991-1995). *Leonardo*, 28(5), 381-386.

- Dowson, T. A. (2000). Why queer archaeology? An introduction. *World Archaeology*, 32(2), Special issue: Queer Archaeologies, 161-165. <https://doi.org/10.1080/00438240050131144>
- Ekici, A. R., & Sorar, H. (2024). Artists' biography. Forma Web Sitesi. Erişim tarihi: 4 Kasım 2025. <https://forma.org.uk/projects/artists-biography--ahmetr%C3%BCstemekici-hakansorar>
- Friends of Aşıklı Society. (2022). 'Lines of Site / Kazı İzleri' exhibition opens. Aşıklı Höyük Dostları Derneği Web Sitesi. Erişim tarihi: 4 Kasım 2025. <https://asiklider.com/en/lines-of-site-kazi-izleri-exhibition-opens/>
- Geller, P. (2017). *The bioarchaeology of social-sexual lives: queering common sense about sex, gender and sexuality*. Springer.
- Joyce, R. (2008). *Ancient bodies, ancient lives: sex, gender, and archaeology*. Thames & Hudson.
- Latour, B., & Lowe, A. (2011). The migration of the aura, or how to explore the original through its facsimiles. In T. Bartscherer & R. Coover (Eds.), *Switching codes: thinking through digital technology in the humanities and the arts* (pp. 275-297). University of Chicago Press.
- Londra Şartı (2009). The London charter for the computer based visualisation of heritage. Erişim tarihi: 4 Kasım 2025. <https://londoncharter.org>
- Magenat-Thalmann, N., & Papagiannakis, G. (2010). Recreating daily life in Pompeii. *Virtual Archaeology Review*, 1(2), 19-23. <https://doi.org/10.4995/var.2010.4679>
- Opgenhaffen, L. (2022a). Archives in action. The impact of digital technology on archaeological recording strategies and ensuing open research archives. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 27, e00231. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2022.e00231>
- Opgenhaffen, L. (2022b). Innovating a tactile archaeological specialism with digital 3D technology [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=uE_Taq1GAPM
- Özbaşaran, M. (2012). Aşıklı. In M. Özdoğan, N. Başgelen & P. Kuniholm (Eds.), *Neolithic in Turkey. New Excavations & New Research* (pp. 135-158). Arkeoloji ve Sanat Yayınları.
- Özbaşaran, M. (2017). Küçük kil figürinin büyük soruları. İçinde S. Özkan, H. Hüryılmaz & A. Türker (Eds.), *Samsat'tan Acemhöyük'e eski uygarlıkların izinde. Aliye Öztan'a armağan* (s. 199-204). Ege Üniversitesi Basımevi.
- Özbaşaran, M., Duru, G., & Stiner, M. (Eds.). (2018). *The early settlement at Aşıklı Höyük: Essays in honor of Ufuk Esin*. Ege Yayınları.
- Parikka, J. (2012). *What is media archaeology?* Polity Press.
- Papagiannakis, G., Ponder, M., Molet, T., Kshirsagar, S., Cordier, F., Magneat-Thalmann, M., & Thalmann, D. (2002). LIFEPLUS: revival of life in ancient Pompeii. *Proceedings of Virtual Heritage Media Art and Creative Technology Media and VR Technology (VSMM 2002)*.
- Sevilla İlkeleri (2017). Principles of Sevilla. International principles of virtual archaeology. 19th ICOMOS General Assembly in New Delhi, December 2017. Erişim tarihi: 4 Kasım 2025. <https://icomos.es/wp-content/uploads/2020/06/Seville-Principles-IN-ES-FR.pdf>
- Sketchfab (2018). 3D museums of the future. Sketchfab Community Blog. Erişim tarihi: 4 Kasım 2025. <https://sketchfab.com/blogs/community/3d-museums-of-the-future/>
- Sönmez, D. (2018). Küçük buluntular yoluyla Aşıklı Höyük topluluğunun çağdaş topluluklarla etkileşimi [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tsartsidou, G. (2018). The microscopic record of Aşıklı Höyük: phytolith analysis of material from the 2012-2016 field seasons. In M. Özbaşaran, G. Duru & M. Stiner (Eds.), *The early settlement at Aşıklı Höyük: essays in honor of Ufuk Esin* (pp. 147-189). Ege Yayınları.

- Tsartsidou, G., Stiner, M., & Özbaşaran, M. (2025).** Aşıklı Höyük phytoliths, basketry and matting in households and burials. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 17, 140. <https://doi.org/10.1007/s12520-025-02252-0>
- UNESCO (2003).** Charter on the preservation of digital heritage. UNESCO. Erişim tarihi: 4 Kasım 2025. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000130071>
- Vlahakis, V., Ioannidis, M., Karigiannis, J., Tsotros, M., Gounaris, M., Stricker, D., Gleue, T., Daehne, P., & Almeida, L. (2002).** Archeoguide: an augmented reality guide for archaeological sites. *Computer Graphics in Art History and Archaeology*, 22(5), 52-60. <https://doi.org/10.1109/MCG.2002.1028726>
- Voss, B.L. (2008).** Sexuality studies in archaeology. *Annual Review of Anthropology*, 37, 317-336. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.37.081407.085238>
- Wang, X., & Kim, M.J. (2021).** Augmented reality, aura, and the design of cultural spaces. In M. M. Soares, E. Rosenzweig & A. Marcus (Eds.), *Design, user experience, and usability: design for diversity, well-being, and social development* (pp. 368-386). Part II, Springer.
- Wessex Archaeology. (2022).** Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) and gaming. Wessex Archaeology. Erişim tarihi: 4 Kasım 2025. <https://www.wessexarch.co.uk/archaeological-services/virtual-reality-vr-augmented-reality-ar-and-gaming>
- Yelözer, S. (2022).** Erken Neolitik Dönem'de bireysel ve toplumsal kimliklerin belirlenmesi: Aşıklı Höyük'te toplumsal cinsiyet, yaş ve kesişen kimlikler [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.



Şekil 1: *Figurine Non* (Ahmet Rüstem Ekici & Hakan Sorar, 2021); Artivive uygulaması ile Artırılmış Gerçeklik (QR).



Şekil 2: *Layers* (Ahmet Rüstem Ekici & Hakan Sorar, 2021); Artive uygulaması ile Artırılmış Gerçeklik (QR).

GlyphTrack: Orman Örtüsü Altında Jeoglif İlişkili Anomalilerin Tespiti İçin Bütünleşik Bir İş Akışı

Dorukhan Arslan^a, Ece Ünal^b, Pınar Ersoy^c

Özet

Bu makale, Brezilya'nın Acre eyaletinde yağmur ormanı örtüsü altında kalan Kolomb-öncesi jeoglif hendek ve setleriyle ilişkili mikrotopografik izlerin belirlenmesini desteklemek üzere geliştirilen GlyphTrack iş akışını sunar. Yaklaşım, hava *Laser Imaging Detection and Ranging* modeli (LiDAR) bulunmayan koşullarda küresel ölçekte erişilebilir verileri birleştirir: *Global Ecosystem Dynamics Investigation* (GEDİ) ayak izi yükseklik ölçümleri, uydu tabanlı sayısal yükseklik modelleri ve bitki örtüsü göstergeleri. İlk aşamada, *Digital Elevation Model* (DEM) ile GEDİ zemin geri dönüşü arasındaki yükseklik farkı, taç yüksekliği ve ağaç örtüsüyle modellenerek beklenen bitki kaynaklı yanlılık kestirilir; bu beklentiden sapmalar sağlam z-skoru ve yüzdelik temelli bir puanlama ile olası antropojenik mikro-izler olarak işaretlenir. İkinci aşamada, bilinen jeoglif konumları ve etiket belirsizliği dikkate alınarak, yükseklik, fosfor ve akarsu uzaklıklarına dayalı bir çevresel benzerlik modeli oluşturulur ve üç km × üç km karo düzeyinde öncelik haritası üretilir. Son aşamada iki çıktı birleştirilerek aday noktalar sıralanır ve uzman değerlendirmesine uygun bir kısa liste elde edilir. Yöntem, bilinen bir jeoglif üzerinde en yüksek puanlı GEDİ ayak izinin yakalanabildiğini ve bölgesel modelin ayırt edici performans üretebildiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: jeoglif, uzaktan algılama, GEDİ, sayısal yükseklik modeli, kestirimci modelleme

a Bağımsız Araştırmacı, İstanbul, Türkiye.
dorukhan.arslan@commencis.com ; <https://orcid.org/0009-0002-1167-7570>

b Bağımsız Araştırmacı, İstanbul, Türkiye.
ece.unal@commencis.com ; <https://orcid.org/0009-0003-8668-6591>

c Bağımsız Araştırmacı, İstanbul, Türkiye.
pinar.ersoy@commencis.com ; <https://orcid.org/0000-0001-9591-3037>

Makale gönderim tarihi: 13 Aralık 2025; Makale kabul tarihi: 10 Ocak 2026

Abstract

This paper presents the GlyphTrack workflow, developed to support the detection of micro-topographic traces associated with pre-Columbian geoglyph ditches and embankments buried beneath rainforest canopy in Acre, Brazil. The approach integrates globally available datasets for settings where airborne Laser Imaging Detection and Ranging (LiDAR) is unavailable, combining Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) footprint-level elevation measurements, satellite-derived digital elevation models (DEMs), and vegetation indicators. In the first stage, the elevation difference between the DEM and GEDI ground returns is modeled as a function of canopy height and tree cover to estimate expected vegetation-induced bias; departures from this expectation are flagged as candidate anthropogenic micro-features using robust z-scores and percentile-based scoring. In the second stage, incorporating known geoglyph locations and label uncertainty, we build an environmental similarity model based on elevation, phosphorus, and distance to streams, and produce a priority map at the 3 km × 3 km tile level. Finally, the two outputs are combined to rank candidate locations and generate a short list for expert review. Results show that the top-ranked GEDI footprint can coincide with a known geoglyph, and that the regional model provides discriminative performance.

Keywords: geoglyph, remote sensing, GEDI (Global Ecosystem Dynamics Investigation), digital elevation model (DEM), predictive modeling

Giriş

Acre (Brezilya) yağmur ormanlarında belgelenen Kolomb-öncesi geometrik toprak işleri ve jeoglifler, yoğun bitki örtüsü altında kalan kültürel peyzajların anlaşılması açısından önemli bir örneklem sunar (UNESCO World Heritage Centre, 2025; Watling vd., 2017). Bununla birlikte, hava LiDAR'ı gibi yüksek çözünürlüklü veriler geniş alanlar için her zaman erişilebilir değildir; bu durum, geniş ölçekli yüzey araştırmalarında ön eleme ve önceliklendirme ihtiyacını artırır. Bu makalenin amacı, küresel ölçekte erişilebilir uzaktan algılama ve çevresel verileri bir araya getirerek jeogliflerle ilişkili olabilecek mikrotopografik sapmaları ve jeoglif yerleşim nişini işaretleyen çevresel örüntüleri birlikte değerlendiren tekrarlanabilir bir yöntem önerisidir. GlyphTrack, (i) *Global Ecosystem Dynamics Investigation* (GEDI) ayak izi verilerinden yararlanılan mikro-kabartı (micro-relief) tespiti, (ii) çevresel benzerliğe dayalı bölgesel jeoglif kestirimi ve (iii) iki akışın birleştirilmesiyle jeoglif içerme potansiyeli yüksek alanların sıralanması aşamalarından oluşur. Yöntemin uygulandığı coğrafi bölge Şekil 1'de kırmızı sınır kutusu içinde gösterilmiştir. İş akışının erken bir sürümü, OpenAI tarafından Kaggle platformunda hayata geçirilen, uluslararası ölçekte gerçekleştirilen "OpenAI to Z Challenge" bağlamında dış değerlendirmeye tabi tutulmuş ve ikincilik elde etmiştir (Fisher vd., 2025). Çalışmada kullanılan veri setleri için öncelikle yarışma sayfasında paylaşılan internet üzerindeki açık kaynaklar incelenmiştir. Fakat literatür taraması ve yöntemin gelişimiyle daha kapsamlı ve farklı veri setlerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu veri setleri, internet araştırması ve literatürde olan farklı referanslardan derlenerek

kullanılmıştır. Kullanılan bu kaynaklar için referanslar açıkça belirtilmiş olup gerek verilen URL gerekse DOI linkleriyle okuyucuların veri setlerine kolayca erişimleri amaçlanmıştır.

Araştırmanın Kuramsal ve Yöntemsel Arka Planı

Amazonya Jeoglif Araştırmalarının Tarihsel Gelişimi ve Peyzaj Arkeolojisi Bağlamı

Acre (Brezilya) ve komşu bölgelerde belgelenen insan eliyle oluşturulan geometrik toprak üstü şekiller, Amazonya'da Kolomb-öncesi yerleşim, emek örgütlenmesi ve çevre yönetimi tartışmalarını yeniden çerçevelemiştir. Jeogliflerin önemli bir bölümü modern arazi açmalarıyla görünür hale gelen alanlarda tanımlanmış; bunu izleyen sistematik çalışmalar, yapıların biçimsel çeşitliliğini, inşa tekniklerini ve bölgesel dağılımlarını ortaya koymuştur (Pärssinen vd., 2009; Schaan vd., 2012). Paleoçevresel çalışmalar, jeogliflerin inşa ve kullanımının, orman dinamikleri ve yangın rejimleriyle birlikte okunması gerektiğini; dolayısıyla toprak işlerinin yalnızca topografik izler değil, daha geniş bir insan-çevre etkileşimi dizgesinin parçası olduğunu göstermiştir (Watling vd., 2017). Bu yorum hattı, jeoglifleri tekil “anıtlar”dan ziyade, hareket, görünürlük, sınırlandırma ve insan-dışı unsurlarla ilişkilenebilir. Örgütlenen daha geniş peyzaj pratiklerinin parçası olarak ele almayı mümkün kılmıştır (Virtanen & Saunaluoma, 2017). *Acre*'de bildirilen yol kompleksleri ve olası su yolu ilişkileri, yerleşimler arası bağlantıların ve tören/ziyaret pratiklerinin mekânsal izlerini tartışmaya açarken, jeogliflerin farklı topografik konumlarda farklı işlevsel bağlamlarda üretildiği yönündeki görüşleri de güçlendirmektedir (de Souza, 2024).

Son yıllarda geniş ölçekli derlemeler ve uzaktan algılama temelli taramalar, Amazonya boyunca antropojenik toprak işlerinin coğrafi kapsamının sanılandan daha geniş olabileceğine işaret etmektedir (de Souza vd., 2018; Peripato vd., 2023). Bu durum iki açıdan yöntemsel bir gerilim yaratır: Bir yandan keşfedilmemiş alanların büyüklüğü ve orman örtüsünün sürekliliği, araziye dayalı keşfi doğal olarak sınırlar; diğer yandan bölgesel modelleme ve uzaktan algılama yaklaşımlarında veri çözünürlüğü, yükseklik yanlışlığı ve doğrulama rejimi gibi etkenler, üretilen adayların güvenilirliğini belirler. Dolayısıyla arkeolojik prospeksiyonda, “yeni alan bulma” hedefi ile “bulunanın belgeleme kalitesi” hedefi arasında ölçek temelli bir denge kurulması gerekir.

Yoğun Orman Örtüsü Altında Prospeksiyon ve Belgeleme

Tropik yağmur ormanlarında yüzey görünürlüğü sınırlıdır, özellikle *terra firme* ormanlarında mikrotopografik izler kısa mesafelerde dahi seçilemeyebilir. Bu nedenle geleneksel yüzey araştırması çoğu kez yürüyüş hatları, yerel bilgi, kesit ve sondaj gibi yöntemlerle hedefli keşiflere dayanır; ancak bu yaklaşım keşif olasılığını erişim ağlarına, örnekleme tasarımına ve araştırma süresine bağımlı kılar. Negatif sonuçların (bulunamayanın) sistematik olarak kaydı ise yoğun orman koşullarında hem zaman maliyeti hem de mekânsal belirsizlik nedeniyle sınırlı kalabilir.

Bu bağlamda uzaktan algılama, özellikle geniş alanlarda “ön-eleme” ve arazi önceliklendirmesi için birincil tamamlayıcı araç haline gelmiştir.

Belgeleme aşamasında da benzer bir kısıt söz konusudur: yoğun bitki örtüsü, arazi üzerinde hızlı tanımlamayı güçleştirirken, daha sonra yapılacak yeniden değerlendirme için standartlaştırılmış bir görselleştirme ve kayıt zinciri gerektirir. Yükseklik temelli görselleştirmelerin birlikte kullanılması, küçük ölçekli biçimlerin yorumlanmasında yerleşik bir iyi uygulama olarak ele alınmakta; farklı görselleştirmelerin aynı veri üzerindeki tamamlayıcılığı vurgulanmaktadır (Kokalj & Hesse, 2017). Arkeolojik prospeksiyon açısından bu hem aday üretiminin hem de adayların şeffaf biçimde raporlanmasının birlikte düşünülmesi gerektiği anlamına gelir.

LiDAR Tabanlı Mikrotopografya Tespiti ve Yaygın DEM Türevleri

Orman altı mikrotopografyanın belgelenmesinde hava tabanlı LiDAR, zemin yansımalarının ayrıştırılmasıyla bitki örtüsü etkisi azaltılmış sayısal arazi modelleri üretilebilmesi nedeniyle arkeolojik prospeksiyon literatüründe en etkili yaklaşımlardan biridir. Bu tür modeller üzerinden hesaplanan eğim, eğrilik, pürüzlülük ve engebelilik (TRI) gibi türevler hem görsel yorum hem de yarı otomatik tespit süreçlerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu türevlerin güvenilirliği, nokta bulutu sınıflandırması, zemin nokta yoğunluğu ve filtreleme tercihleri gibi üretim zincirindeki kararlarla doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla türev ürünlerin yorumu, verinin üretim koşullarına dair belgeleme ile birlikte değerlendirilmelidir.

LiDAR tabanlı analizlerde, büyük ölçekli topografik trendin çıkarılıp yerel sapmaların vurgulanmasına dayanan yerel rölyef modeli (LRM), düşük genlikli antropojenik biçimlerin görünürleştirilmesinde standart bir araç haline gelmiştir (Hesse, 2010). Benzer şekilde açıklık (openness) ve gökyüzü görüş faktörü (sky-view factor) gibi yön bağımlılığını azaltan görselleştirmeler, tekil gölgelendirme ürünlerinin belirli aydınlatma yönlerinde ürettiği kör noktaları sınırlamak amacıyla kullanılır (Doneus, 2013; Zakšek vd., 2011). Uygulamada, birden çok görselleştirmenin birlikte üretilmesi ve yorumlayıcı haritalama sürecinin bunlar arasında çapraz kontrolle yürütülmesi önerilmektedir (Kokalj & Hesse, 2017).

LiDAR’ın Amazonya bağlamındaki temel kısıtları ise maliyet, lojistik, izin süreçleri ve kapsama alanıdır. Veri üretimi çoğu zaman sınırlı alt bölgelere odaklanır; bu durum bölgesel sentezlerde parçalı bir veri rejimi yaratır. Buna karşılık LiDAR bulunmayan geniş alanlarda, benzer mikrotopografik hassasiyeti küresel, açık erişimli yükseklik ürünleriyle yakalamak güçtür. Bu nedenle geniş ölçekli keşif stratejilerinde, yüksek çözünürlüklü LiDAR’ın hedefli biçimde kullanılabilmesi için LiDAR öncesi önceliklendirme ve aday üretme aşamalarına ihtiyaç duyulur.

Radar Tabanlı DEM'ler, Bitki Örtüsü Yanlılığı ve Düzeltme Yaklaşımları

LiDAR'ın bulunmadığı alanlarda araştırmacılar sıklıkla *SRTM*, *NASADEM* veya *Copernicus DEM* gibi radar/optik türevli küresel yükseklik modellerine başvurur (European Space Agency, 2024; NASA Shuttle Radar Topography Mission, 2013; NASA Jet Propulsion Laboratory, 2021). Ancak bu ürünler, tropik ormanlarda çoğu kez çıplak zemin yerine bitki örtüsü ile karma bir yüzeyi temsil eder; bu durum zemin yüksekliğinde sistematik bir pozitif yanlılığa ve topoğrafik ayrıntının yumuşamasına neden olur (Carabajal & Harding, 2005; Simard vd., 2024). Arkeolojik açıdan sorun, bu yanlılığın hem gerçek mikrotopografik sinyali maskeleyebilmesi hem de doğal topografyadan kaynaklanan örüntüleri “sahte anomali” gibi gösterebilmesidir. Bu nedenle küresel DEM'ler üzerinden yürütülen tespit ve önceliklendirme süreçlerinde, bitki örtüsü etkisinin nicelleştirilmesi ve mümkünse düzeltilmesi kritik bir ön koşuldur.

Bitki örtüsü yanlılığını düzeltmeye yönelik yaklaşımlar, genel olarak dış referans ölçümlerle (özellikle uzay tabanlı lazer altimetri) radar DEM'leri arasındaki farkın modellenmesine dayanır. Küresel ölçekte çoklu sensör birleştirme yaklaşımları, bitki kaynaklı ofsetin arazi örtüsü ve topografik değişkenlerle tahmin edilmesini ve bitki düzeltmeli ürünlerin türetilmesini hedeflemiştir (O'Loughlin vd., 2016). Daha güncel çalışmalarda ise, belirli DEM ürünlerinin edinim geometrisine bağlı kısmi nüfuz etkileri daha açık biçimde ele alınmış ve ürün-odaklı düzeltme şemaları önerilmiştir (Brochado & Rennó, 2024). Bu literatür, yükseklik farkının “sadece hata payı” değil, belirli çevresel değişkenlerle açıklanabilir bir bileşen içerdiğini ve bu bileşenin modellenebileceğini ortaya koymaktadır.

GEDI'nin Bilimsel Bağlamı, Güçlü Yönleri ve Sınırlılıkları

Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI), öncelikle ormanların dikey yapısını ve buna bağlı karbon stoklarını ölçmek üzere tasarlanmış uzay tabanlı bir dalga formu LiDAR sistemidir; aynı zamanda zemin yüksekliği bileşeni, orman örtüsü altındaki topografyanın örneklem temelli ölçümü için önemli bir veri kaynağı sunar (Dubayah vd., 2020; Dubayah vd., 2021). GEDI'nin ekoloji ve jeomorfolojideki kullanımları, taç yüksekliği, biyokütle kestirimi ve topografyanın daha doğru temsil edilmesi gibi başlıklarda yoğunlaşmış; arkeolojik uygulamalarda ise veri, doğrudan belgeleme yerine keşif ve ön-eleme bağlamında tartışılmaya başlanmıştır.

Bağımsız doğrulama çalışmaları, GEDI zemin kestirimlerinin eğim ve örtü koşullarına duyarlı olduğunu, ancak uygun kalite eşikleri altında arazi yüksekliği için kullanılabilir bir doğruluk düzeyi sunduğunu göstermiştir (Liu vd., 2021). Bununla birlikte GEDI, sürekli bir yüzey modeli üretmez; yaklaşık 25 m ayak izi ölçeğinde noktasal örneklem sağlar (Dubayah vd., 2020). Bu örnekleme geometrisi, küçük toprak işlerinin doğrudan “şekil” olarak yeniden inşasını sınırlandırırken, istatistiksel olarak ele alındığında geniş alanlarda sistematik tarama ve ön-eleme için elverişli olabilir. Dolayısıyla GEDI, arkeolojik açıdan yüksek çözünürlüklü hava LiDAR'ının

yerine geçen bir belgeleme katmanı değil, LiDAR, arazi çalışması ve uzman yorumunu hedefli kılacak bir keşif girdisi olarak konumlandırılmalıdır.

GlyphTrack'in Yöntemsel Konumlandırılması

Bu çalışma, (i) GEDI'nin sağladığı zemin ölçümü, (ii) küresel DEM'lerdeki bitki kaynaklı yanlışlığa ilişkin düzeltme literatürü ve (iii) peyzaj ölçeğinde kestirimci modelleme yaklaşımını aynı araştırma tasarımında buluşturur. GlyphTrack, LiDAR'ın erişilebilir olmadığı koşullarda geniş alanlarda ön-eleme üretmek; sınırlı saha kaynaklarını ve olası yüksek çözünürlüklü LiDAR takiplerini önceliklendirmek; ayrıca jeoglif yerleşim nişine ilişkin test edilebilir hipotezler kurmak için tamamlayıcı bir çerçeve sunar. Bu nedenle önerilen iş akışı, arazi çalışması, yüksek çözünürlüklü LiDAR takipleri ve uzman arkeolojik değerlendirmeyi ikame etmek yerine, bu adımların maliyet-etkin ve şeffaf biçimde hedeflenmesine hizmet eden bir karar destek katmanı olarak değerlendirilmelidir (Walker vd., 2023).

Yöntem

Veri Kaynakları

Mikro-kabartı tespiti için 2019-2025 dönemine ait GEDI *L2A* aylık ürününden türetilen ayak izi ölçümleri kullanılmıştır (Dubayah vd., 2021). Her ayak izi için GEDI'nin zemin dönüşü (elev_lowestmode), aynı konumdaki DEM yüksekliği (digital_elevation_model), taç yüksekliği göstergesi (rh98) ve ağaç örtüsü yüzdesi (MODIS) çıkarılmıştır. Bu yöntem ve makalede sözü geçen diğer yaklaşımlar için herhangi bir harici Coğrafi Bilgi Sistemi programı kullanılmamıştır. Verilerin işlenmesi ve uygulanan yöntemler için programlanan sistemin kodu ile kullanılan veri setleri paylaşılmıştır (Arslan vd., 2025) Arazi karakterizasyonu için *OpenTopography* üzerinden sağlanan *NASADEM 30m* verisi ile eğim, engebellik (TRI) ve bakı türevleri *GDAL* araçları kullanılarak hesaplanmıştır (GDAL/OGR contributors, 2025; NASA Jet Propulsion Laboratory, 2021).

Bölgesel kestirim modeli için bilinen jeoglif konumları, Jacobs (2023) tarafından derlenen koordinatların birleştirildiği bir katmandan temin edilmiş ve *Acre*'yi kapsayan bir sınır kutusuna kırılmıştır (F.92, 2025; Jacobs, 2023). Akarsu uzaklıkları *HydroRIVERS* açısından, toprak fosforu ise 0.5 derece çözünürlüklü küresel ızgaradan türetilmiştir (HydroSHEDS, 2025; Lehner & Grill, 2013; Yang vd., 2014). Son olarak, bir büyük dil modeli olan *GPT* kullanılarak bulguların ve jeoglif potansiyeli olan alanların yorumlanması yapılmıştır (OpenAI, 2025). Genel iş akışı şeması Şekil 2'de görülmektedir.

Mikro-kabartı Tespiti

Yaklaşımın temel varsayımı, DEM ile GEDI zemin dönüşü arasındaki yükseklik farkının (ground diff) büyük ölçüde bitki örtüsünün neden olduğu dikey hata payını yansıttığıdır. Bununla birlikte, söz konusu hata payının taç yüksekliği (arazideki ağaç örtüsünün en yüksek noktası) ve ağaç örtüsünün arazide kapladığı alanın yüzdesi gibi değişkenlerle kestirilebilir olduğu düşünülmektedir (Simard vd., 2024).

Taç yüksekliğini temsil etmek amacıyla, GEDI verisinden alınan *rh98* metriği kullanılmıştır. *rh98*, arazideki ağaç örtüsünün en yüksek noktasının yüzde doksan sekizlik değerini temsil etmektedir. Bu metrik, orman örtüsünde olabilecek tekil çok yüksek ağaç tepeleri ya da sistem kaynaklı aykırı noktaları azaltmak amacıyla seçilmiştir. *rh98* ve ağaç örtüsünün kapladığı alan yüzdesi kullanılarak, *Random Sample Consensus* (RANSAC) algoritması tabanlı bir model kurulmuştur.

Bu modelin amacı, bitki örtüsüne bağlı parametrelerin GEDI ve DEM ölçümleri arasındaki yükseklik farkı üzerindeki etkisini nicel olarak ifade etmektir. GEDI–DEM yükseklik farkı, bitki örtüsü etkisinin yanı sıra DEM hataları, topografik değişkenlik ve jeolokasyon kaynaklı aykırı sapmalar içerebildiğinden, bu tür aykırı gözlemlerin modelleme sürecini yanıltmasını engellemek için RANSAC tabanlı yaklaşım tercih edilmiştir (Fischler & Bolles, 1981). Bu sayede model, sınırlı sayıdaki uç gözlem yerine, bitki örtüsü özellikleriyle açıklanabilen baskın ilişkiyi öğrenmektedir. RANSAC modeli ile elde edilen ve bitki örtüsü etkisi altında beklenen GEDI–DEM yükseklik farkı, bu çalışmada “expected” olarak adlandırılmaktadır.

Beklenen GEDI ve DEM farkı bulunduktan sonra, gözlenen *ground_diff* ile bu sonuç karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmanın amacı, bitki örtüsünden kaynaklı beklenen sapmayı dışarıda bırakarak diğer olası girdilerin (jeoglif sonucu olabilecek kabartmalar gibi) sonucunda modellerde oluşabilecek hata paylarını gözlemleyebilmektir. Aşağıdaki formülde, bu yapılan hesaplama görülmektedir. Bu kapsamda, gözlenen *ground_diff* değerinden *expected* değer çıkarılmasıyla elde edilen fark, bitki örtüsü dışındaki etkileri temsil eden artık değer (residual) olarak tanımlanmıştır. Elde edilen *residual* değerleri, bitki örtüsünün etkisinden arındırılmış yükseklik sapmalarını temsil ettiğinden, mikro-kabartı ya da jeoglif kaynaklı topografik anomalilerin tespitinde temel girdi olarak kullanılmıştır.

$$residual = ground_diff - expected$$

Bahsi geçen *residual* yani artık değer büyüklükleri, her bir noktanın ne kadar “alışılmadık” olduğunu ortak bir ölçekte ifade edebilmek için sağlam (aykırı değerlere dayanıklı) bir z-skoruna dönüştürülmüştür. Klasik z-skoru ortalama ve standart sapma ile hesaplanır; ancak bu iki değer uç gözlemlerden kolay etkilenmediği için burada daha dayanıklı bir yöntem tercih edilmiştir. Bu nedenle, artık değerlerin tipik seviyesini temsil etmek için medyan (ortalama yerine), yayılımını

temsil etmek için de Medyan Mutlak Sapma (MAD) (standart sapma yerine) kullanılmıştır. Bu dönüşümle elde edilen z-skoru, her bir noktanın “artık değerinin” tipik (normal) duruma göre ne kadar sıra dışı olduğunu gösteren boyutsuz bir ölçüdür. Başka bir deyişle z-skoru, “residual”ın medyandan kaç birim uzaklaştığını ve bu uzaklığın, verinin genel yayılımına göre büyük mü küçük mü olduğunu standart bir ölçekte ifade etmektedir.

Bu dönüşüm sayesinde, farklı bölgelerdeki *residual* değerleri mutlak büyüklükleri üzerinden değil, normal davranışa göre göreceli sapmalar olarak karşılaştırılabilir hale gelmiştir. Böylece, bitki örtüsü etkisi giderildikten sonra geriye kalan farkların hangi konumlarda anlamlı ve dikkat çekici olduğu açık biçimde belirlenebilmiştir.

$$z = (\text{residual} - \text{median}) / (1.4826 \times \text{MAD}).$$

Formüldeki 1.4826 katsayısı, MAD'nin ölçüğünü klasik standart sapma ile karşılaştırılabilir hale getirmek için kullanılan bir düzeltme çarpanıdır; yani z-skorunun “alışılan” ölçüğe yakın davranmasını sağlar. Dönüşüm sonucunda elde edilen z değeri, ilgili noktanın artık değerinin medyandan kaç MAD uzaklıkta olduğunu gösterir: z büyüdükçe, o noktanın bitki örtüsüyle açıklanamayan sapmasının normalden daha sıra dışı olduğu yorumlanır.

Sabit bir eşik z değeri belirleyip bu değer üstündeki kalan noktaları potansiyel jeoglif içeren bölgeler olarak işaretlemek yerine, incelenen her alanın kendine göre eğim ve engebelilik faktörleri olabileceği göz önüne alınarak, dinamik, üç bileşenli bir puanlama sistemi tanımlanmıştır: dikey anomali (S_z), düşük eğim (S_{flat}) ve düşük engebelilik (S_{tri}).

S_z incelenen noktanın bitki etkisi çıkarıldıktan sonra kalan dikey sapmasının (z-skorunun) büyüklüğünü temsil etmektedir. Yukarıda belirtildiği üzere, sapma ne kadar büyükse, noktanın olası bir hendek/kabartma gibi dikey bir yapı içerebileceği düşünülür. Ancak tekil aşırı değerlerin üç puanlı ortalamayı alan yapıda puanı domine etmemesi için bu puan doyuma ulaştırılır: bölgedeki $|z|$ değerlerinin %95'lik seviyesine ulaşıldığında puan 1'e sabitlenir, daha üstü artık puanı artırmaz.

S_{flat} ve S_{tri} puanları, jeogliflerin genellikle nehirlerarası terra firme platolarda, diğer bir deyişle eğimi düşük ve az engebeli arazilerde olduğundan yola çıkılarak tanımlanmıştır (Virtanen & Saunaluoma, 2017). Eğim ya da engebelilik arttıkça karşılık gelen puan düşer. Burada da yerel koşullara uyum için, arazilerdeki değer puanlamaları, bölgedeki eğim ya da engebe değerlerinin %90'lık seviyesine göre ölçeklenir. Böylece farklı bölgelerde “düz” veya “pürüzlü” kabul edilen seviyeler otomatik olarak o bölgenin gerçek koşullarına göre belirlenir, yöntem her sahada aynı katı eşığe bağlı kalmadan daha adil ve karşılaştırılabilir bir değerlendirme yapar. Örneğin genel olarak engebeli bir bölgede küçük bir eğim artışı “normal” kabul edilebilirken, çok düz bir platoda aynı eğim artışı olağandışı sayılabilir; %90'lık eşik yerel dağılıma göre belirlendiği için, bu iki durumda da puanlama kendi bağlamına göre ayarlanır ve “gerçekten düz ve az engebeli” alanlar her iki sahada da tutarlı biçimde öne çıkar.

Yukarıda bahsi geçen üç bileşenin ortalaması alınarak bir “Pglyph”, diğer bir deyişle jeoglif puanı üretilmektedir. Bu puan üstünden önceden de bahsedilen sağlam z-skoru yaklaşımı tekrar baz alınarak —bütün alandaki noktalarda en çok *Pglyph* sapmasının nerede olduğunu tespit edebilmek için— nihai skor hesaplanmış (*robust_z*) ve *robust_z* puanı 2.5 üstünde olan noktalar jeoglif üstünde olma olasılığı en yüksek noktalar olarak işaretlenmiştir. Ana yöntemin basitleştirilmiş grafiksel anlatımı Şekil 3’te görülmektedir.

Yöntem, daha önce hava LiDAR’ı ile belgelenmiş bir jeoglif üzerinde denenmiş ve eşikleme sonrasında jeoglif hendeği üzerine düşen GEDI ayak izi en yüksek puanlı nokta olarak ayrıştırılabildiği (dos-Santos vd., 2019) (Şekil 4).

Bölgesel Jeoglif Kestirimi

İkinci aşama, *Acre* içinde henüz ziyaret edilmemiş alanların bilinen jeogliflerle benzer çevresel özellikler taşıyıp taşımadığını değerlendirmeyi ve bu ortak çevresel özelliklere göre jeoglif bulundurma olasılığı yüksek alanları bulmayı hedefler. Literatürde, jeogliflerin taşkın alanlarından uzakta, ancak akarsu havzalarıyla ilişkili interflüv konumlarda yoğunlaştığı; yükselti ve akarsu uzaklığının belirleyici olduğu vurgulanmıştır (Walker vd., 2023; Watling vd., 2017). Benzer şekilde toprak fosforu, jeoglif içerebilecek alanları öngörme bakımından en öne çıkan toprak değişkeni olarak atfedilmekte, tarımı ve böylece popülasyonları destekleme potansiyeliyle bu durum açıklanmaktadır (Walker vd., 2023). Ayrıca fosfor talebi yüksek olduğu bildirilen şeftali palmyesi *Bactris gasipaes*’in, bölgedeki bazı yerel halklarca “pupunha” olarak isimlendirilen ve takvimlerde “Pupunha yazı” olarak da yer bulan bu bitkinin yerel mitlerdeki yeri ve tarımsal olarak fosfora duyarlılığı da bu tür eşleşmelerin olası bir açıklaması olarak değerlendirilmiştir (González-Jaramillo vd., 2025; Mora-Urpí vd., 1997).

Keşfedilmiş jeogliflerin bulunduğu noktaların yukarıda açıklanan parametrelerinden (nehirlere olan uzaklık, yükselti ve toprak fosforu) yola çıkarak genelleyci bir model oluşturmak ve keşfedilmemiş alanlardaki parametrelerin de model tarafından işlenmesiyle yukarıda da bahsedildiği gibi bu keşfedilmemiş alanların jeoglif bulundurma olasılıklarına göre skorlanması amaçlanmıştır. Ancak, keşfedilmiş alanları pozitif olarak ayırt edebilirken, örneğin skoru “1” olacak şekilde, alışılmış modellerde olduğu gibi diğer alanların “0”, yani jeoglif içermeyen şekilde tanımlanması, o alanlardaki jeoglif varlığı bilinmediği için, yazarlar tarafından gerçeği saptırabilir olarak yorumlanmış, bu yüzden daha sofistike ve bu durum için daha etkili olan Pozitif-Etiketlenmemiş torbalama yaklaşımı (PU-bagging) yöntemi kullanılmış, bu yöntem ile modelin henüz keşfedilmemiş alanlara duyarlı kalması amaçlanmıştır (Mordelet & Vert, 2014). Bu yöntemin üzerinde uygulandığı, yöntem ile doğru çalışabilecek asıl “öğrenici” ve genelleyci model *LightGBM* olarak seçilmiştir. Ayrıca pozitif değerlerin bilinmeyen değerlere göre çok az olduğu bu senaryoda, *LightGBM* modeli seçilerek model performansını yüksek tutmak

amaçlanmıştır. *LightGBM* modeli, girdilerden, diğer bir deyişler seçilen model parametrelerinden ve asıl alandaki jeoglif bulunma durumundan öğrenerek bir genelleyici model kurar ve bu sayede keşfedilmemiş alanlar için tahminlerde bulunur (Ke vd., 2017).

Raporlanan değerlendirmede modelin $AUC \approx 0.95$, $AP \approx 0.84$ ve doğruluk ≈ 0.89 düzeyinde ayırıştırıcı performans verdiği görülmüştür. Burada AUC değeri modelin jeoglif olan ve olmayan noktaları genel olarak ne kadar iyi ayırabildiğini gösterir; 1'e yaklaştıkça ayırt etme gücü artar. AP değeri modelin yüksek puan verdiği noktaların ne kadarının gerçekten jeoglif olma eğiliminde olduğunu özetlerken, doğruluk ise modelin yaptığı sınıflandırmalarının yüzde kaçının doğru olduğunu göstermektedir.

Uzamsal çıkarım için *Acre*, üç km x üç km karolara ayrılmıştır. Her karo merkezinde model skoru hesaplanmış, ancak bilinen jeogliflerden en az üç km uzakta olmayan merkezler dışarıda bırakılarak zaten bilinen alanların hesaba katılmasının önüne geçmek amaçlanmıştır. Karo skorları 20 km ölçekli üst-karolarda özetlenmiş; olasılık ortalaması (*tile_score*) ve yüksek skorlu nokta sayısı (*n_points*) 0-1 aralığında yeniden ölçeklendirilip ortalanarak *combined_score* üretilmiştir. Ortalamanın bir standart sapma üzerinde kalan karolar (yaklaşık üst yüzde on altı) öncelikli alanlar olarak işaretlenmiştir (Şekil 5).

Akışların Birleştirilmesi ve Dil Modeli Tabanlı Sıralama

Son aşamada, seçilen öncelikli alanlarda GEDI ve DEM tabanlı mikro-kabartı taraması uygulanmış ve elde edilen aday ayak izleri, bölgesel jeoglif kestirim modelinin olasılık çıktısı (*proba*) ile yeniden değerlendirilmiştir. *Pglyph* ve *proba* değerleri ortalanarak dengeli bir bileşik skor elde edilmiş; jeoglif bulundurma potansiyeli olan alanlara, adaylara, ilişkin yükselti, fosfor, akarsu uzaklıkları, eğim ve *TRI* gibi değişkenler birlikte raporlanmıştır.

Aday kümeleri arasında karşılaştırmayı kolaylaştırmak için, sınırlı sayıda üst-karo ve nokta öz-nitelikleri bir büyük dil modeli olan *GPT* tarafından okunabilir yapılandırılmış çıktı biçiminde sağlanmış; modelden, sayısal göstergelere dayalı bir sıralama ve kısa gerekçeler üretmesi istenmiştir. Bu bileşen, arkeolojik yorumun yerine geçmek amacıyla değil, uzman değerlendirmesini destekleyecek şeffaf bir ön-eleme üretmek amacıyla kullanılmıştır. *Acre* bölgesinin ayrılmasıyla elde edilen karoların kimliği, karolara verilen eşsiz isimlendirmeler gibi alanların çıkarımı için yapılandırılmış çıktı yöntemi ile uygulanmıştır. Yapılandırılmış çıktı yöntemi, *GPT*'yi işlenebilir veri formatında çıktı vermeye zorlayarak, sistem tarafından okunabilir hale getirmektedir. Bu sayede karoların coğrafi noktaları da işlenebilir halde korunmuş ve bu bilgiler ışığında jeoglif içerme olasılığı son derece yüksek olan bölgeler haritada gösterilmiştir.

Bulgular

Mikro-kabartı tespiti, daha önce hava LiDAR'ı ile belgelenmiş bir jeoglif üzerinde test edildiğinde, eşikleme ve puanlama sonrasında jeoglif üzerinde konumlanan tek GEDI ayak izinin en yüksek puanlı aday olarak kaldığı raporlanmıştır (Şekil 4). Bu gözlem, yoğun orman örtüsü altında dahi, GEDI tabanlı zemin ölçümlerinin ve yanlılık artıklarının arkeolojik mikro-izler için kullanılabilir bir sinyal üretebileceğini göstermektedir.

Bölgesel kestirim aşamasında, yükselti, toprak fosforu ve iki akarsuya uzaklık değişkenleriyle eğitilen *PU-bagging* destekli *LightGBM* modeli $AUC \approx 0.95$, $AP \approx 0.84$ ve doğruluk ≈ 0.89 değerlerine ulaşmıştır. Üç km \times üç km karolarda hesaplanan skorlar 20 km üst-karolarda özetlenmiş ve yüksek *combined_score* değerlerine sahip kümeler öncelikli araştırma alanları olarak belirlenmiştir (Şekil 5).

Birleştirme aşamasında, mikro-kabartı taramasından gelen *Pglyph* sinyali ile çevresel benzerlik olasılığı bir araya getirilerek aday noktalar için sıralı bir kısa liste üretilmiştir. Liste, alan uzmanlarının harita, DEM görselleştirmesi ve sayısal öznitelikler üzerinden değerlendirme yapmasına olanak verecek biçimde düzenlenmiştir.

Tartışma

GlyphTrack'in tasarımı, belirli bir bölgeye özgü tekil bir veri uygunluğuna değil, küresel ölçekte erişilebilen ve farklı coğrafyalara taşınabilecek veri türlerine dayanmaktadır. Bu kullanılan veri türleri, GEDI ayak izi ölçümleri, küresel seviyede dijital yükseklik modelleri, topografik türevler ve temel çevresel değişkenlerdir. Bu nedenle yöntem, hava LiDAR'ı bulunmayan ya da yalnızca sınırlı alt bölgeler için mevcut olduğu araştırma bağlamlarında, geniş alanlarda ön-eleme ve önceliklendirme amacıyla farklı ülke ve biyomlara uyarlanabilir bir çerçeve sunar. Bununla birlikte, ikinci aşama için parametreler jeoglif bazlı olarak ve Amazonya bölgesine paralel olarak seçilmiş olsa da kullanılan yaklaşım ve çalışma biçimi çeşitli antik alanların onlara belirleyici coğrafi özelliklerinin keşfiyle beraber, bunların da model parametreleri olarak kullanılmasıyla, antik alanların potansiyel olarak görülebileceği ve henüz saha araştırması yapılmasına müsait olmayan bölgeler için bir analiz aracı olarak kullanılabilir. Yöntemin birinci kısmı için ayrıntılı bir şekilde açıklamak gerekirse, yöntemin sahadan sahaya taşınmasında sabit kalacak modellemeler ve parametrelerin saha özelinde değişebileceklerden ayrıştırılması önemlidir. İş akışının çekirdeği olan, bitki örtüsü kaynaklı hata payı, *residual*, z-skoru, yerel dağılıma uyarlanan yüzdellik temelli puanlama zinciri genel olarak orman bitki örtüsünün düzenli ve sık olduğu alanlarda sabit kalabilir. Çevresel değişkenler ve eşik/ölçek seçimleri ise yerel jeomorfoloji ve arkeolojik beklentilere göre yeniden kalibre edilmelidir. Örneğin bazı bölgelerde antropojenik izler “düz plato” yerine teraslı yamaçlarda veya alüvyal düzlüklerde görülebilir; bu durumda *S_flat/S_tri* gibi bileşenlerin yorumu ve ağırlığı, yerel literatür ve uzman bilgisiyle birlikte ele alınmalıdır.

Dolayısıyla GlyphTrack, şeffaf varsayımlarla çalışan, farklı saha hipotezlerini test etmeye uygun bir karar destek katmanı olarak değerlendirilmelidir.

Yöntemin Türkiye'deki arkeolojik araştırmalar açısından potansiyeli, çalışmanın birinci bölümü bakımından, özellikle bitki örtüsünün yoğun olduğu bölgeler ve engebeli yamaç ve platoları ile öne çıkan coğrafyalar için önem taşımaktadır. İnsan yapımı küçük ölçekli yapıların tespiti ve önceliklendirmesinde, Glyphtrack gerekli parametre düzenlemeleriyle bir ön eleme aracı olarak rol alabilir. Çalışmanın ikinci bölümü, Türkiye'de belirli dönem ve yerleşim tiplerinin (ör. suya erişim, tarımsal potansiyel, yükselti kuşakları gibi) literatürde tartışılan mekânsal örüntülerinin, veri temelli biçimde sınanmasına olanak sağlayabilir.

GEDI ayak izi aralığı ve örnekleme geometrisi, küçük ölçekli toprak işlerinin tamamının yakalanabilirliğinin önüne geçmektedir. Ayrıca DEM çözünürlüğü ve radar türevli yüzeylerin bitki ve nem koşullarına duyarlılığı artık değerlerde belirsizlik yaratabilir (Simard vd., 2024). Toprak fosforu ızgarasının kaba çözünürlüğü, yerel ölçekli varyasyonu ancak yumuşatma ve örnekleme stratejileriyle temsil edebilir (Yang vd., 2014). *PU-bagging* destekli *LightGBM* yaklaşımı, etiketlenmemiş sınıf içinde gerçek pozitiflerin bulunabileceği varsayımına dayanır (Mordelet & Vert, 2014). Örnekleme tasarımı ve eşik seçimleri sonuçları etkileyebilir. Dil modeli tabanlı sıralama ise kullanılan isteme ve girdilere bağlıdır. Üretilen gerekçeler, arkeolojik kanıt yerine geçmez ve yanlışlıklar üretebilir. Bu nedenle, sonuçlar yalnızca uzman doğrulaması ve mümkünse yerinde ölçümlerle değerlendirilmelidir.

Türkiye'nin topografik çeşitliliği ve birçok bölgede yüksek eğim–yüksek engebelik rejimi, hem GEDI ayak izi zemin kestirimini hem de DEM farklarının yorumunu daha belirsiz hale getirebilir, bu nedenle Türkiye uygulamalarında kalite filtreleri, eğim/engebe normalizasyonu ve yerel görselleştirme kontrollerinin daha kritik bir rol oynayacağı öngörülmelidir. Bu çerçevede GlyphTrack'in Türkiye'deki en iyi çalışma mekanizması, uzman yorumu, hedefli arazi kontrolü ve mümkünse yerel yüksek çözünürlüklü verilerin de katkısıyla düşük maliyetli bir ön eleme filtresi oluşturmaktır.

Sınırlılıklar

Bu çalışma, GEDI ayak izi örnekleme geometrisi ve kullanılan DEM çözünürlüğü nedeniyle küçük ölçekli antropojenik izlere duyarlılıkta sınırlılıklar taşımaktadır. Ayrıca bitki örtüsü ve nem koşulları artık değerlerde belirsizlik yaratabilir. Çevresel değişkenlerin (örn. toprak fosforu) kaba ölçeği yerel varyasyonu sınırlı temsil etmektedir. *PU-bagging* bazlı *LightGBM* yaklaşımında örnekleme tasarımı ve eşik seçimleri sonuçları etkileyebilmektedir. Dil modeli tabanlı sıralamada üretilen gerekçeler arkeolojik kanıt yerine geçmemektedir. Bu nedenle çıktılar, uzman değerlendirmesiyle desteklenmeli ve mümkünse saha verileriyle doğrulanmalıdır.

Sonuç

Bu çalışma, Amazonya'da orman örtüsü altında kalan Kolomb-öncesi toprak işleri için GEDI ve DEM verilerine dayanan mikro-kabartı taramasını, çevresel benzerlik temelli bölgesel kestirimle birleştiren tekrarlanabilir bir iş akışı önermektedir. Bilinen bir jeoglif üzerinde yüksek puanlı GEDI ayak izinin ayrıştırılabilmesi ve bölgesel modelin güçlü ayrıştırıcı ölçütler üretmesi, yöntemin arkeolojik yüzey araştırmalarına ön eleme desteği sağlayabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, üretilen adayların kültürel yorumlanması ve doğrulanması, saha verisi ve uzman değerlendirmesini zorunlu kılar.

Yöntemin Türkiye'deki arkeolojik araştırmalarda kullanım potansiyeli, özellikle yüzey görünür-lüğünün düşük olduğu orman örtülü veya topografik olarak karmaşık sahalarda, geniş alanların ilk taramasını ve aday bölge belirlemeyi desteklemesinde yatmaktadır. Türkiye ölçeğinde önerilen kullanım, gerektiğinde model girdilerinin ve skorlama yöntemlerinin coğrafya bazlı olarak değiştirilmesidir. Bununla birlikte, GlyphTrack çıktılarının uzman değerlendirilmesiyle birlikte ele alınması, saha kontrolü ve eğer uygunsa yerel yüksek çözünürlükte ölçümlerle de kontrol edilmesi önerilir. Böylece çalışma, yalnızca Amazonya örneğinde değil, farklı coğrafyalarda keşif ve doğrulama zincirini hızlandıran ve maliyeti düşüren bir prospeksiyon tasarımına katkı sunmayı amaçlamaktadır. Tüm geliştirilen sistem açık kaynak kodlu ve açık veri setli olup yeni projelerde kullanılmaya müsaittir.

Teşekkürler

Bu çalışma Commencis bünyesinde Dorukhan Arslan, Ebubekir Karamustafa, Ece Ünal ve Pınar Ersoy tarafından geliştirilmiştir; yöntem tartışmalarına danışman olarak Görkem Kızılkayak katkı sağlamıştır.

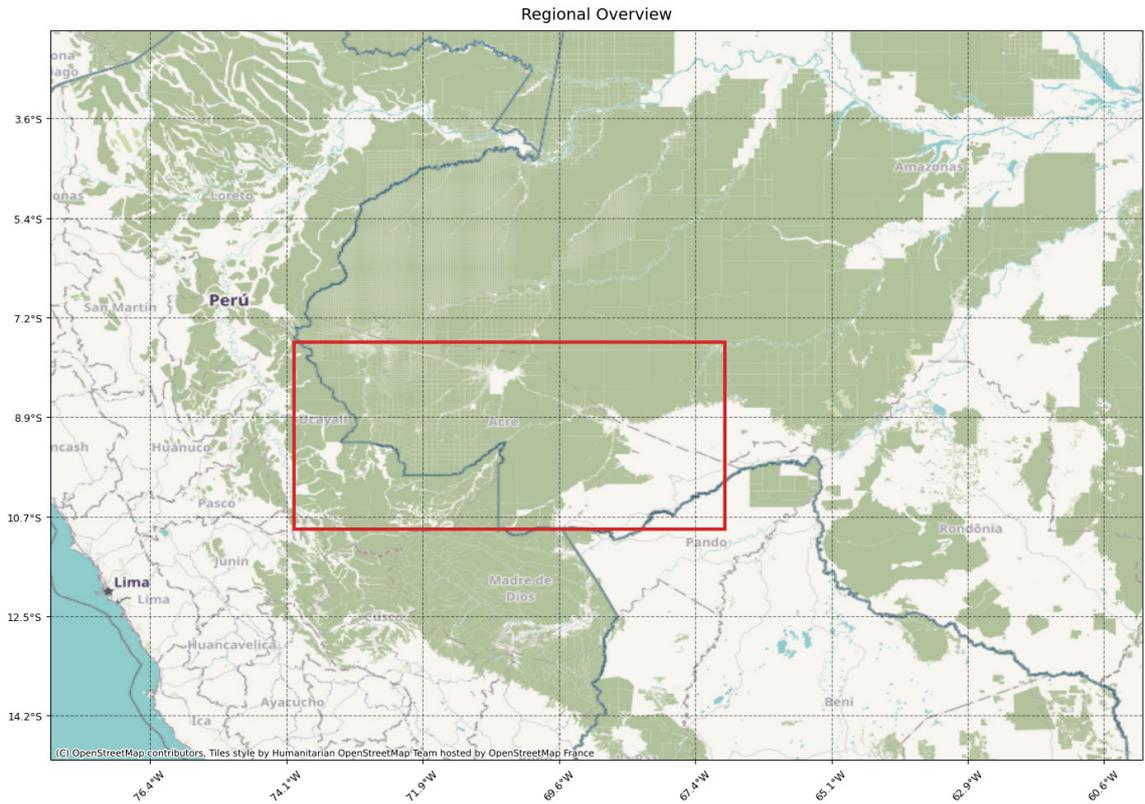
Kaynakça

- Arslan, D., Karamustafa, E., Ünal, E., & Ersoy, P. (2025). GlyphTrack: Detection of anomalies under canopy. Kaggle. June 27 2025. <https://www.kaggle.com/code/ceeluna/glyphtrack-detection-of-anomalies-under-canopy>
- Brochado, G. T., & Rennó, C. D. (2024). New method to correct vegetation bias in a copernicus digital elevation model to improve flow path delineation. *Remote Sensing*, 16(22), 4332. <https://doi.org/10.3390/rs16224332>
- Carabajal, C. C., & Harding, D. J. (2005). ICESat validation of SRTM C-band digital elevation models. *Geophysical Research Letters*, 32, L22S01. <https://doi.org/10.1029/2005GL023957>
- Fisher, C., Bogdanov P., Mooney, P., Keating, N., & Demkin, M. (2025). OpenAI to Z Challenge. Kaggle. June 27 2025. <https://kaggle.com/competitions/openai-to-z-challenge>
- de Souza, J. G., Schaan, D. P., Robinson, M., Barbosa, A. D., Aragão, L. E. O. C., Marimon, B. H., Marimon, B. S., da Silva, I. B., Khan, S. S., Nakahara, F. R., & Iriarte, J. (2018). Pre-Columbian

- earth-builders settled along the entire southern rim of the Amazon. *Nature Communications*, 9(1), 1125. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03510-7>
- de Souza, R. B. (2024). The pre-Colombian roads of geoglyphs sites in the state of Acre: the Tequinho site road complex. *Journal of Historical Archaeology & Anthropological Sciences*, 9(1), 44-53. <https://doi.org/10.15406/jhaas.2024.09.00297>
- Doneus, M. (2013). Openness as Visualization Technique for Interpretative Mapping of Airborne Lidar Derived Digital Terrain Models. *Remote Sensing*, 5(12), 6427-6442. <https://doi.org/10.3390/rs5126427>
- dos-Santos, M. N., Keller, M. M., & Morton, D. C. (2019). LiDAR Surveys over Selected Forest Research Sites, Brazilian Amazon, 2008-2018. *Oak Ridge National Laboratory DAAC (ORNL DAAC)*. <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1644>
- Dubayah, R., Blair, J. B., Goetz, S., Fatoyinbo, L., Hansen, M., Healey, S., Hofton, M., Hurtt, G., Kellner, J., Luthcke, S., & Armston, J. (2020). The Global Ecosystem Dynamics Investigation: High-resolution laser ranging of the Earth's forests and topography. *Science of Remote Sensing*, 1, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.srs.2020.100002>
- Dubayah, R., Hofton, M., Blair, J., Armston J., Tang, H., & Luthcke, S. (2021). *GEDI L2A Elevation and Height Metrics Data Global Footprint Level V002* [Data set]. NASA Land Processes Distributed Active Archive Center. https://doi.org/10.5067/GEDI/GEDI02_A.002
- European Space Agency. (2024). *Copernicus Global Digital elevation Model* [Data set]. OpenTopography. <https://doi.org/10.5069/G9028PQB>
- F92. (2025). Amazon Geoglyphs Sites. Kaggle. Kaggle, 2025. June 28 2025. <https://www.kaggle.com/datasets/fafa92/amazon-geoglyphs-sites>
- Fischler, M. A., & Bolles, R. C. (1981). Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. *Communications of the ACM*, 24(6), 381-395. <https://doi.org/10.1145/358669.358692>
- GDAL/OGR contributors. (2025). GDAL/OGR Geospatial Data Abstraction Software Library. Open-Source Geospatial Foundation. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5884351>
- González-Jaramillo, N., Bailon-Moscoso, N., Duarte-Casar, R., & Romero-Benavides, J. C. (2025). Peach Palm (*Bactris gasipaes* Kunth). Encyclopedia, 2025. June 27 2025. <https://encyclopedia.pub/entry/36126>
- Hesse, R. (2010). LiDAR-derived Local Relief Models – a new tool for archaeological prospection. *Archaeological Prospection*, 17(2), 67-72. <https://doi.org/10.1002/arp.374>
- HydroRIVERS. (2025). HydroSHEDS. HydroSHEDS, 2025. June 27 2025. <https://www.hydrosheds.org/products/hydrorivers>
- Jacobs, J. Q. (2023). Ancient Human Settlement Patterns in Amazonia. Personal Academic Blog. June 27 2025. <http://jqjacobs.net>
- Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Ye, Q., & Liu, T.-Y. (2017). LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 3146-3157. Curran Associates, Inc. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/3294996.3295074>
- Kokalj, Ž., & Hesse, R. (2017). *Airborne laser scanning raster data visualization: A Guide to Good Practice*. Ljubljana: ZRC SAZU, Založba ZRC. <https://doi.org/10.3986/9789612549848>
- Lehner, B., & Grill, G. (2013). Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems. *Hydrological Processes*, 27(15), 2171-2186. <https://doi.org/10.1002/hyp.9740>

- Liu, A., Cheng, X., & Chen, Z. (2021). Performance evaluation of GEDI and ICESat-2 laser altimeter data for terrain and canopy height retrievals. *Remote Sensing of Environment*, 264, 112571. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112571>
- Mora-Urpí, J., Weber, J. C., & Clement, C. R. (1997). Peach palm. *Bactris gasipaes* Kunth. *Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops 20*. Rome/Gatersleben: International Plant Genetic Resources Institute & Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research.
- Mordelet, E., & Vert, J.-P. (2014). A bagging SVM to learn from positive and unlabeled examples. *Pattern Recognition Letters*, 37, 201-209. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2013.06.010>
- NASA Shuttle Radar Topography Mission. (2013). *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Global* [Data set]. OpenTopography. <https://doi.org/10.5069/G9445JDF>
- NASA Jet Propulsion Laboratory. (2021). *NASADEM Merged DEM Global 1 Arc-Second, Version 001* [Data set]. OpenTopography. <https://doi.org/10.5069/G93T9FD9>
- O'Loughlin, F. E., Paiva, R. C. D., Durand, M., Alsdorf, D. E., & Bates, P. D. (2016). A multi-sensor approach towards a global vegetation corrected SRTM DEM product. *Remote Sensing of Environment*, 182, 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.04.018>
- OpenAI Platform o3 model. (2025). OpenAI Platform. OpenAI, 2025. June 27 2025. <https://platform.openai.com/docs/models/o3>
- Pärssinen, M., Schaan, D., & Ranzi, A. (2009). Pre-Columbian geometric earthworks in the upper Purús: a complex society in western Amazonia. *Antiquity*, 83(322), 1084-1095. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00099373>
- Peripato, V., Levis, C., Moreira, A. G., Gamerman, D., Steege, H. T., Pitman, N. C. A., de Souza, J. G., Iriarte, J., Robinson, M., Junqueira, A. B., Trindade, T. B., de Almeida, F. O., Moraes, C. P., Lombardo, U., Tamanaha, E. K., Maezumi, S. Y., Ometto, J. P. H. B., Braga, J. R. G., Campanharo, W. A., ..._Aragão, L. E. O. C. (2023). More than 10,000 pre-Columbian earthworks are still hidden throughout Amazonia. *Science*, 382(6666), 103-109. <https://doi.org/10.1126/science.ade2541>
- Schaan, D., Pärssinen, M., Saunaluoma, S., Ranzi, A., Bueno, M., & Barbosa, A. (2012). New radiometric dates for precolumbian (2000–700 b.p.) earthworks in western Amazonia, Brazil. *Journal of Field Archaeology*, 37(2), 132-142. <https://doi.org/10.1179/0093469012Z.00000000012>
- Simard, M., Denbina, M., Marshak, C., & Neumann, M. (2024). A global evaluation of radar-derived digital elevation models: SRTM, NASADEM, and GLO-30. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 129(11), e2023JG007672. <https://doi.org/10.1029/2023JG007672>
- UNESCO World Heritage Centre. (2025). Geoglyphs of Acre. UNESCO World Heritage Centre. June 27 2025. <https://whc.unesco.org/en/tentativelists/5999/>
- Virtanen, P., & Saunaluoma, S. (2017). Visualization and Movement as Configurations of Human-Nonhuman Engagements: Precolonial Geometric Earthwork Landscapes of the Upper Purus, Brazil. *American Anthropologist*, 119(4), 614-630. <https://doi.org/10.1111/aman.12923>
- Walker, R. S., Ferguson, J. R., Olmeda, A., Hamilton, M. J., Elghammer, J., & Buchanan, B. (2023). Predicting the geographic distribution of ancient Amazonian archaeological sites with machine learning. *PeerJ*, 11, e15137. <https://doi.org/10.7717/peerj.15137>
- Watling, J., Iriarte, J., Mayle, F. E., Schaan, D., Pessenda, L. C. R., Loader, N. J., Street-Perrott, F. A., Dickau, R. E., Damasceno, A., & Ranzi, A. (2017). Impact of pre-Columbian 'geoglyph' builders on Amazonian forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(8), 1868-1873. <https://doi.org/10.1073/pnas.1614359114>

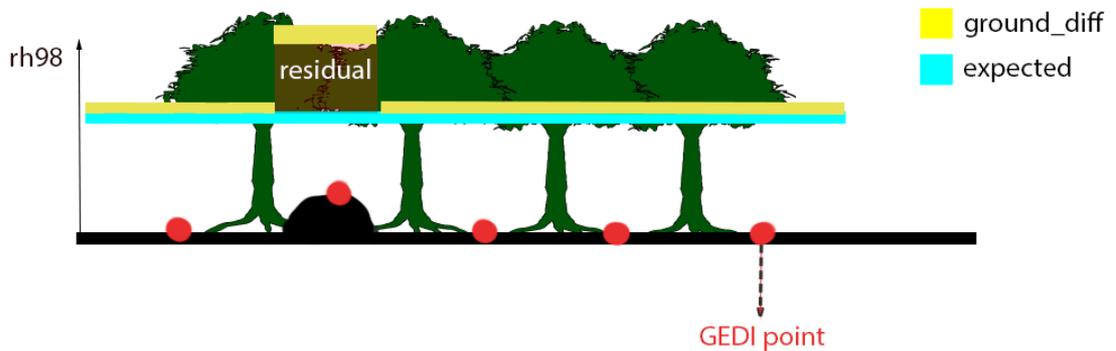
- Yang, X., Post, W. M., Thornton, P. E., & Jain, A. K. (2014). *Global Gridded Soil Phosphorus Distribution Maps at 0.5-degree Resolution* [Data set]. ORNL DAAC. <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1223>
- Zakšek, K., Oštir, K., & Kokalj, Ž. (2011). Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique. *Remote Sensing*, 3(2), 398-415. <https://doi.org/10.3390/rs3020398>



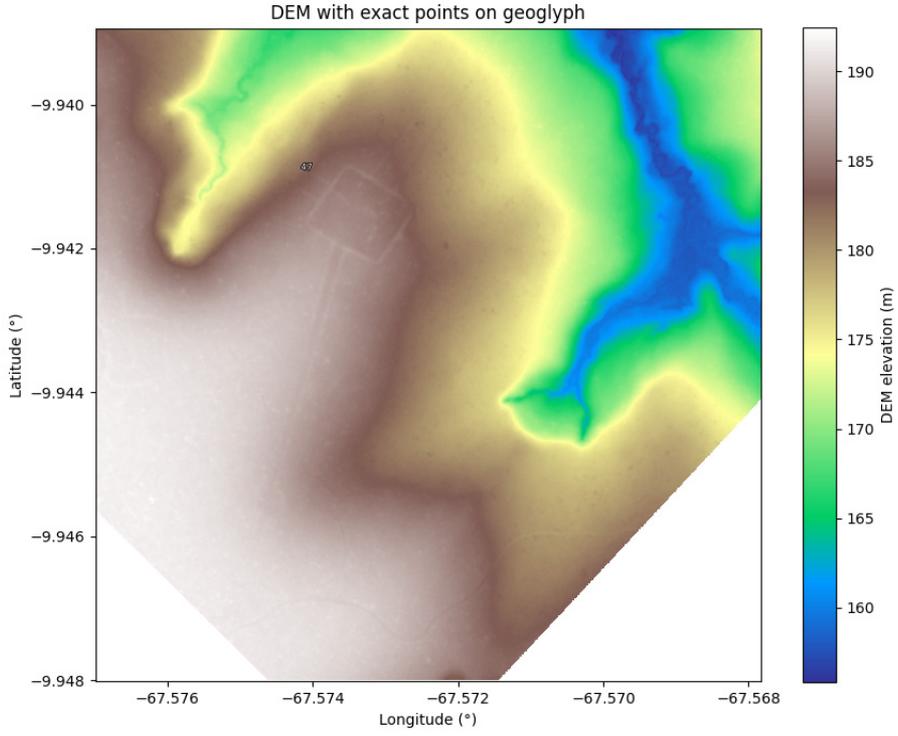
Şekil 1: Çalışmanın yapıldığı coğrafi bölge, kırmızı sınırlarla belirtilmiştir. (Taban harita © OpenStreetMap contributors; stil: Humanitarian OpenStreetMap Team; barındırma: OpenStreetMap France)



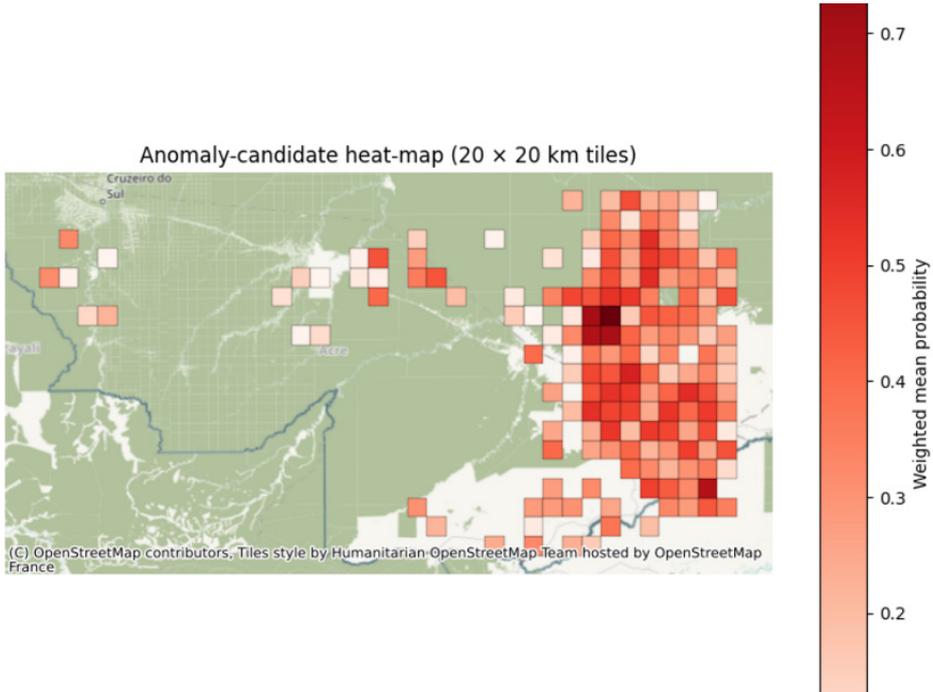
Şekil 2: Genel iş akış şeması



Şekil 3: Bitki kaynaklı hata payını kullanarak mikro-kabartı tespiti için basitleştirilmiş yaklaşım şeması



Şekil 4: Bilinen jeoglif üzerinde en yüksek puanlı GEDI ayak izinin konumu (Lidar doğrulaması için dos-Santos vd., 2019)



Şekil 5: 20 km × 20 km üst-karolarda aday yoğunluğu ısı haritası; koyu ton daha yüksek *combined core* değerini gösterir (Taban harita © OpenStreetMap contributors; stil: Humanitarian OpenStreetMap Team; barındırma: OpenStreetMap France)



Amaç & Kapsam

Arkeoloji bir süredir geçmişin yorumlanmasında teknoloji ve doğa bilimleri, mühendislik ve bilgisayar teknolojileri ile yoğun iş birliği içinde yeni bir anlayışa evrilmektedir. Üniversiteler, ilgili kurum ya da enstitülerde yeni açılmakta olan “Arkeoloji Bilimleri” bölümleri ve programları, geleneksel anlayışı terk ederek değişen yeni bilim iklimine adapte olmaya çalışmaktadır. Bilimsel analizlerden elde edilen sonuçların arkeolojik bağlam ile birlikte ele alınması, arkeolojik materyallerin, yerleşmelerin ve çevrenin yorumlanmasında yeni bakış açıları doğurmaktadır.

Türkiye’de de doğa bilimleriyle iş birliği içindeki çalışmaların olduğu kazı ve araştırma projelerinin sayısı her geçen gün artmakta, yeni uzmanlar yetişmektedir. Bu nedenle Arkeoloji Bilimleri Dergisi (ABD), Türkiye’de arkeolojinin bu yeni ivmenin bir parçası olmasına ve arkeoloji içindeki arkeobotanik, arkeozooloji, alet teknolojileri, tarihlendirme, mikromorfoloji, biyoarkeoloji, jeokimyasal ve spektroskopik analizler, Coğrafi Bilgi Sistemleri, iklim ve çevre modellemeleri gibi uzmanlık alanlarının çeşitlenerek yaygınlaşmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Derginin ana çizgisi arkeolojik yorumlamaya katkı sağlayan yeni anlayışlara, disiplinlerarası yaklaşımlara, yeni metot ve kuram önerilerine, analiz sonuçlarına öncelik vermek olarak planlanmıştır. Kazı raporlarına, tasnif ve tanıma dayalı çalışmalara, buluntu katalogları ve özgün olmayan derleme yazılarına öncelik verilmeyecektir.

Arkeoloji Bilimleri Dergisi açık erişimli, uluslararası hakemli bir dergidir. Araştırma ve yayın etiğine uygun bulunan makaleler çift taraflı kör hakem değerlendirme sürecinden geçtikten sonra yayınlanır. Dergi, Ege Yayınları tarafından çevrimiçi olarak yayınlanmaktadır.



Aims & Scope

Archaeology is being transformed by integrating innovative methodologies and scientific analyses into archaeological research. With new departments, institutes, and programs focusing on “Archaeological Sciences”, archaeology has moved beyond the traditional approaches of the discipline. When placed within their archaeological context, scientific analyses can provide novel insights and new interpretive perspectives to study archaeological materials, settlements and landscapes.

In Türkiye, the number of interdisciplinary excavation and research projects incorporating scientific techniques is on the rise. A growing number of researchers are being trained in a broad range of scientific fields, including but not limited to archaeobotany, archaeozoology, tool technologies, dating methods, micromorphology, bioarchaeology, geochemical and spectroscopic analysis, Geographical Information Systems, and climate and environmental modeling. The Turkish Journal of Archaeological Sciences (TJAS) aims to situate Turkish archaeology within this new paradigm and to diversify and disseminate scientific research in archaeology. New methods, analytical techniques and interdisciplinary initiatives that contribute to archaeological interpretations and theoretical perspectives fall within the scope of the journal. Excavation reports and manuscripts focusing on the description, classification, and cataloging of finds do not fall within the scope of the journal.

The Turkish Journal of Archaeological Sciences is an open access, international, double-blind peer-reviewed yearly publication. Articles that comply with publication and research ethics are published after the reviewing process. The journal is published online by Ege Yayınları in Türkiye.



Makale Değerlendirme Politikası (Çift Taraflı Kör Hakemlik) ve Yayın Süreci

Arkeoloji Bilimleri Dergisi, Türkçe veya İngilizce özgün araştırma makaleleri yayımlamaktadır.

1. Daha önce yayımlanmamış veya başka bir dergide değerlendirme sürecinde bulunmayan ve tüm yazarlar tarafından onaylanan makaleler değerlendirilmek üzere kabul edilir.
2. Gönderilen makaleler, ön inceleme, intihal taraması, hakem değerlendirmesi ve dil düzenlemesi aşamalarından geçirilir.
3. Ön inceleme aşamasını geçemeyen makaleler, yazar(lar)a iade edilir ve aynı yayın döneminde tekrar değerlendirmeye alınmaz. Ön incelemeyi geçen makaleler, en az iki hakemin değerlendirdiği çift taraflı kör hakem sürecine tabi tutulur.
4. İntihal kontrolünden geçen makaleler, Editör tarafından bilimsel içerik, yöntem, ele alınan konunun önemi ve derginin kapsamına uygunluk açısından değerlendirilir. Editör, makalelerin ön değerlendirmesini yapmak üzere editör yardımcılarına yönlendirir.
5. Editör yardımcıları, her bir makaleyi son gönderim tarihinden önce inceleyerek Arkeoloji Bilimleri Dergisi yayın ilkelerine uygunluğunu değerlendirir. Bu aşamada intihal taraması yapılır ve dergi yazım kurallarına uygunluk kontrol edilir.
6. Editörler ve editör yardımcıları, makalenin etik standartlara, konuya uygunluğa, metin düzenine, dipnotlar ve kaynakçaya, görsel kalitesine ve gerekli telif hakkı izinlerine uyup uymadığını değerlendirir. Bu kriterleri karşılayan makaleler, çift taraflı kör hakemlik süreci korunarak en az iki ulusal/uluslararası hakeme gönderilir.
7. Derginin hakem değerlendirme süreci ve editöryal etik kuralları, değerlendirmelerin milliyet, cinsiyet veya diğer herhangi bir faktöre dayalı önyargılardan arındırılmış olmasını sağlar. Makaleler, doktora derecesine sahip ve güçlü bir araştırma geçmişi bulunan en az iki uzman tarafından değerlendirilir.

8. Hakemler, makalenin yayınlanmaya uygunluğunu değerlendiren bir form doldurur ve gerekli revizyonlara yönelik önerilerde bulunur. Hakemler makaleyi değişiklik yapmadan kabul edebilir, küçük değişikliklerle kabul edebilir, büyük değişiklikler ve yeniden gönderim talep edebilir veya makaleyi reddedebilir. Her iki hakem de küçük değişiklikleri kabul ederse ve revize edilen versiyon onaylanırsa makale kabul edilir. Büyük değişiklikler gerektiğinde, makale Editörler tarafından yeniden değerlendirilir ve gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra hakemlere geri gönderilebilir. Revizyonlar yeterli bulunduğu makale yayımlanmak üzere kabul edilir. Eğer bir hakem makaleyi reddeder veya biri olumlu, diğeri olumsuz görüş bildirirse, makale üçüncü bir hakeme gönderilir. Ancak iki hakemin olumlu görüş bildirmesi durumunda, son yayın kararı Editör Kurulu tarafından verilir. Editoryal kararlar nihaidir ve yalnızca istisnai durumlarda ilgili *COPE* yönergelerine göre itiraz edilebilir.
9. Hakemlerden, değerlendirmelerinde nazik, saygılı ve bilimsel bir dil kullanmaları beklenir. Saldırgan, saygısız veya kişisel yorumlardan kaçınmaları gerekmektedir. Bilimsel olmayan yorumlar tespit edildiğinde, dergi yönetimi hakemden raporunu gözden geçirmesini ve düzeltmesini talep eder. Hakemlerin değerlendirmelerini belirtilen süre içinde tamamlaması ve burada açıklanan etik sorumluluklara uyması gerekmektedir.
10. Dil düzenlemesi tamamlandıktan sonra, kabul edilen makaleler ilgili dergi sayısında tematik veya kronolojik sıraya göre düzenlenir.
11. Makalelerin mizanpajı, dergi tasarımına uygun olarak yapılır ve ardından Editörler tarafından gözden geçirilir.
12. Makalelerin son PDF versiyonu, nihai kontrol ve onay için yazarlara gönderilir. Yazarlar, makalenin derginin etik standartlarına uygun olduğunu ve çalışmalarının tüm sorumluluğunu kabul ettiklerini teyit etmelidir.
13. Hakemlerin talepleri doğrultusunda yazarlar tarafından yapılan düzenlemeler incelendikten sonra, nihai yayın kararı Yayın Kurulu tarafından verilir.
14. Yukarıda belirtilen süreçler tamamlandıktan sonra ilgili dergi sayısı son haline getirilir ve makalelere DOI numaraları atanır.
15. DOI numaraları atandıktan sonra baskı süreci başlar ve yayın süreci tamamlanır.

Editör Sorumlulukları

1. Editör, makaleleri yalnızca bilimsel içerik temelinde değerlendirir; yazarların etnik kökeni, cinsiyeti, cinsel yönelimi, milliyeti, dini inançları veya siyasi görüşleri dikkate alınmaz.
2. Editör, gönderilen makalelerin tarafsız bir şekilde çift taraflı kör hakem değerlendirmesine tabi tutulmasını sağlar ve yayınlanmadan önce gizliliği korur.

3. Editör, hakemlere makalelerin gizli bilgi içerdiğini ve değerlendirmenin ayrıcalıklı bir etkileşim olduğunu bildirir. Hakemler ve yayın kurulu üyeleri, makaleleri üçüncü şahıslarla tartışamaz. Belirli durumlarda, Editör belirli bir noktayı netleştirmek amacıyla bir hakemin değerlendirmesini diğer hakemlerle paylaşabilir.
4. Editör, derginin içeriği ve genel kalitesinden sorumludur; gerektiğinde düzeltme notu yayımlamak veya geri çekme işlemi yapmak editörün sorumlulukları arasındadır.
5. Editör, yazarlar, editörler ve hakemler arasında çıkar çatışmasına izin vermez. Hakem atama konusunda tam yetkilidir ve makalelerin yayımlanmasına ilişkin nihai karardan sorumludur.

Hakem Sorumlulukları

1. Hakemler, araştırma, yazarlar ve/veya finansman sağlayıcıları ile herhangi bir çıkar çatışması içinde olmamalıdır. Değerlendirmeleri objektif olmalıdır.
2. Hakemler, gönderilen makalelerle ilgili tüm bilgilerin gizli kalmasını sağlamalı ve telif hakkı ihlali veya intihal tespit etmeleri durumunda Editöre bildirmelidir.
3. Kendini makaleyi değerlendirmede yetersiz hisseden veya incelemeyi belirtilen süre içinde tamamlayamayacağı kanısına varan hakem, Editöre haber vermeli ve değerlendirme sürecinden çekilmelidir.

Yazar Sorumlulukları

1. Yazar olarak belirtilen kişiler, makalenin kavramsallaştırılması, tasarımı, veri toplama ve yorumlama, veri analizi veya araştırma ve yazım süreçlerine önemli katkıda bulunmuş olmalıdır. Tüm ortak yazarlar, makalenin son sürümünü onaylamalı ve içeriğinden eşit derecede sorumlu olmalıdır.
2. Yazarlar, görsellerin (fotoğraf veya şekiller) telif hakkı düzenlemelerine uygun olmasını sağlamalı veya gerekli izinleri almalıdır. Eğer etik veya telif hakkı ihlali tespit edilirse, dergi ilgili makaleyi geri çekme veya erişimini engelleme hakkını saklı tutar.
3. Yazarlar, dergi editörleri ile iletişim kurmaktan, düzeltmeleri yapmaktan, makaleyi belirtilen sürede yeniden göndermekten ve etik ile telif hakkı kurallarına uygunluğu onaylamaktan sorumludur. İlk gönderimden sonra yazar isim değişiklikleri dikkate alınmaz.

Düzeltilme Süreci

Hakemler tarafından revizyon talep edilmesi durumunda, ilgili raporlar yazara iletilir ve yazarın en kısa sürede gerekli düzeltmeleri yapması beklenir. Yazar, yaptığı düzeltmeleri işaretleyerek güncellenmiş makaleyi Editörlere sunmalıdır.

Türkçe Dil Düzenlemesi: Hakem sürecinden geçen Türkçe makaleler, Türkçe Dil Editörü tarafından incelenir ve gerekli görüldüğünde yazardan tashih istenebilir.

Yabancı Dil Düzenlemesi: Hakem sürecinden geçen İngilizce makaleler, Yabancı Dil Editörü tarafından gözden geçirilir ve gerekli görüldüğünde yazardan ek düzeltmeler yapması istenebilir.

Dizgi, Mizanpaj ve Son Okuma Süreci

Yayın Kurulu tarafından yayımlanması onaylanan makaleler, nihai yayına hazırlanmak üzere dizgi ve mizanpaj işlemlerine tabi tutulur. Mizanpaj işlemi tamamlandıktan sonra, yayınlanmadan önce makaleler için son okuma süreci gerçekleştirilir.

DOI Atama

Dijital Nesne Tanımlayıcısı (DOI), elektronik ortamda yayımlanan bir makalenin resmi ve orijinal versiyonuna kalıcı bir bağlantı sağlayan benzersiz bir kimlik numarasıdır. Arkeoloji Bilimleri Dergisi, yayın sürecinin tamamlanmasının ardından kabul edilen tüm bilimsel makalelere DOI numarası atayarak, makalenin dijital ortamda resmi kaydını güvence altına alır.



Article Evaluation Policy (Double-Blind Peer Review) and Publication Process

The Turkish Journal of Archaeological Sciences publishes original research articles in Turkish or English.

1. Manuscripts must be original, unpublished, and not under review elsewhere. All authors must approve the submission.
2. Submitted manuscripts undergo preliminary review, plagiarism screening, peer review, and language editing.
3. Manuscripts that do not pass the preliminary review are returned to the author(s) and are not reconsidered within the same publication period. Those that pass proceed to the double-blind peer review, evaluated by at least two reviewers.
4. The Editors evaluate manuscripts based on scientific content, methodology, significance, and the journal scope. Manuscripts passing this stage are assigned to associate editors for preliminary assessment.
5. Associate editors ensure manuscripts comply with journal principles, including plagiarism screening and adherence to formatting guidelines.
6. Editors and associate editors verify compliance with ethical standards, subject relevance, formatting, references, image quality, and copyright permissions. Approved manuscripts are sent for double-blind peer review.
7. The journal's peer review process maintains fairness and objectivity, free from biases based on nationality, gender, or other factors. Reviewers must have a doctoral degree and a strong research background.
8. The reviewers complete evaluation forms and provide recommendations: accept without changes, accept with minor revisions, request major revisions and resubmission, or reject. If both reviewers recommend minor revisions, and the revised version is approved, the

manuscript is accepted. If major revisions are required, the manuscript may be reassessed before final decision. If there is one positive and one negative review, a third reviewer is consulted. The final decision rests with the Editors. Editorial decisions are final and can only be appealed under *COPE* guidelines.

9. Reviewers must use respectful, professional, and scientific language. Disrespectful or unscientific comments will prompt a revision request. Reviews must be completed within the assigned timeframe.
10. After final editing, accepted manuscripts undergo thematic or chronological organization before inclusion in the journal.
11. Typesetting is conducted according to journal layout guidelines.
12. The final PDF version is sent to the authors for review and approval. Authors must confirm that the manuscript adheres to the journal's ethical standards and accept full responsibility for their work.
13. The Editorial Board makes the final publication decision after reviewing revisions.
14. Once this process is finalized, DOI numbers are assigned to the articles.
15. Following DOI assignment, the printing stage begins, completing the publication process.

Editor Responsibilities

1. The Editor evaluates manuscripts based solely on scientific merit, without bias toward authors' ethnicity, gender, nationality, or beliefs.
2. The Editor ensures a fair, confidential double-blind peer review process.
3. Manuscripts remain confidential before publication. Reviewers and editorial board members must not discuss them with third parties. If necessary, reviewer evaluations may be shared between reviewers by the Editor for clarification.
4. The Editor ensures journal quality, including corrections and retractions when necessary.
5. The Editor prevents conflicts of interest and has full authority in reviewer assignments and publication decisions.

Reviewer Responsibilities

1. Reviewers must disclose any conflicts of interest regarding the research, authors, or funding sources. Reviews must be objective.
2. Reviewers must maintain confidentiality and report any copyright infringement or plagiarism to the Editor.
3. Reviewers who feel unqualified to evaluate a manuscript or unable to complete their evaluation on time should notify the Editor and withdraw.

Author Responsibilities

1. All authors must have made significant contributions to the manuscript in terms of conceptualization, design, data collection and interpretation, data analysis, or research and writing. All co-authors must approve the final version and share responsibility for its content.
2. Authors must ensure that all images comply with copyright regulations or obtain necessary permissions. The journal reserves the right to retract or restrict access to articles with unresolved copyright or ethical issues. Any such actions will follow COPE guidelines.
3. The corresponding author is responsible for journal communication, revisions, post-publication inquiries, and compliance with the journal's ethical and copyright policies. Changes to authorship after submission will not be considered.

Revision Process

If revisions are requested, the review reports are sent to the authors. The authors must make necessary revisions promptly, highlighting them for clarity, and submit the updated manuscript to the Editors.

Turkish Language Editing: Turkish manuscripts passing peer review are reviewed by the Turkish Language Editor, who may request corrections.

Foreign Language Editing: English manuscripts passing peer review are reviewed by the English Language Editor, who may request corrections.

Typesetting, Layout, and Proofreading Process

Approved manuscripts undergo typesetting and layout formatting, followed by a final proofreading before final publication.

DOI Assignment

Digital Object Identifier (DOI) is a unique identifier that provides a permanent link to the official and original version of an electronically published article. The Turkish Journal of Archaeological Sciences assigns DOI numbers to all accepted scientific articles at the end of the publication process, ensuring the article's official recording in the digital environment.



Arkeoloji Bilimleri Dergisi Yayın Etiği ve Yayın Politikası

Yayın Etiği

Arkeoloji Bilimleri Dergisi, yürütülen tüm süreçlerde; Yazar, Hakem, Editör, Yayıncı ve Okuyucu sorumlulukları bağlamında yayın etiğine ilişkin uluslararası bir standart olarak kabul gören *Committee on Publication Ethics* (COPE) politikalarını benimsemekte ve yönergelerini takip etmektedir.

Editörler için: Editörler kurulunda yer alan araştırmacıların göndermiş olduğu makalelerle ilgili olarak makale hakem sürecindeyken makale sahibi editörlerin editör rolleri askıya alınır ve hakem sürecini görmemeleri sağlanır, böylece çift taraflı kör hakemlik korunur.

Hakemler için: Arkeoloji Bilimleri Dergisi, önyargısız ve en iyi etik standartlara göre çift taraflı kör hakem değerlendirme sistemi işletir ve COPE'nin Akran Hakemleri için Etik İlkelerinde belirtilen akran hakemlerine yönelik kılavuzunu dikkate alır. Hakemlerin, incelemelerini kendilerine ayrılan süre içinde tamamlamaları beklenir. Hakemlerimizin gizliliğine saygı duyuyor, yazarların ve hakemlerin de aynı gizliliğe uymasını bekliyoruz. Hakemlerin önyargısız ve saygılı bir dil kullanarak rapor vermeleri beklenir. Agresif dil veya yazarlar hakkında kişisel görüşler içeren yorumlar dikkate alınmaz. Bir hakem, gönderiyi incelemeye başlamadan önce varsa konuya istinaden veya olası herhangi bir çıkar çatışması hakkında editörleri bilgilendirmelidir.

Yazarlar için: Arkeoloji Bilimleri Dergisi, bilim dünyasına özgün çalışmalar sunmayı amaçlamaktadır. Makaleler özgün bilimsel araştırma olmalıdır. Dergiye çalışmalarını gönderen yazar(-lar) söz konusu yazının daha önce başka bir yerde yayımlanmadığını ya da yayımlanmak üzere bir başka yere gönderilmemiş olduğunu kabul etmiş sayılırlar. Yazarlar, araştırma ve yayın etiğine uyduklarını kabul ederler. Yazar/lar etik izin gerektiren çalışmalar için Etik Kurul İzni sunmalıdır. Yazar/lar araştırma sürecinde araştırmaları için mali destek almışlarsa bu desteği makale metninde belirtmelidir. Yayın sonrası hata tespit edilmesi durumunda yazar/lar, hatalı makaleyi geri çekmek ve düzeltmekle yükümlüdür. Dergi ilkelerine uymayan makaleler dergiye kabul edilmezler. Ön değerlendirme ve intihal denetimini başarıyla geçen makaleler hakem değerlendirme süreci için en az iki hakeme gönderilir.

Telif Hakkı

Arkeoloji Bilimleri Dergisi'nde yayımlanan tüm özgün makaleler, Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 International (CC BY-NC 4.0) lisansına tabidir. Bu lisans ile taraflar, Arkeoloji Bilimleri Dergisi'nde yayımlanan tüm makaleleri ve görselleri; atıfta bulunarak dağıtabilir, kopyalayabilir, üzerine çalışma yapabilir, yine sahibine atıfta bulunarak türevi çalışmalar yapabilir. Arkeoloji Bilimleri Dergisi tarafından yayınlanan makalelerin telif hakları CC BY-NC 4.0 lisansı kapsamında yazarlara aittir. Yayınlanan tüm telif hakları yazarın/yazarların sorumluluğundadır. Dergide yayınlamayı kabul ederek, yazarlar bu telif hakkı şartlarına uymayı da kabul ederler. Dergide yayımlanan eserlerin sorumluluğu yazarlarına aittir. Yazarların yayımlanmış olan makalelerine ait PDF dosyaları, kendi kurumsal arşivleri ile başka makale platformlarında ve sosyal medya hesaplarında açık erişim politikası gereği paylaşılabilir. Arkeoloji Bilimleri Dergisi hiçbir çıkar gözetmez.

İntihal

Arkeoloji Bilimleri Dergisi, intihal tespit yazılımı (*iThenticate* veya benzeri) kullanarak metinleri kontrol etme hakkını saklı tutar. İntihal, başkalarına ait çalışmaların (fikirlerin, verilerin, kelimelerin, görüntülerin vb. her türlü medyatik formun) kaynak göstermeden veya gerekli olduğunda izin veya onay alınmadan kullanılmasıdır. Bu tanım çerçevesinde yazar(lar)ın gerekli referanslar veya izinler olmadan kendi çalışmalarını yeniden üretmeleri, kendinden kendine intihali içerir. İntihal materyali içeren gönderiler otomatik olarak reddedilecektir. Yayınlanmış ise yayınladıktan sonra dahi, ilgili eyleme karar verilerek COPE'nin Akran Hakemleri için Etik İlkelerine göre sürdürülür.

Makale Geri Çekme Politikası

Bünyesinde özgün makalelere yer veren Arkeoloji Bilimleri Dergisi yayın yönetimi, yayın politikası gereği henüz değerlendirme aşamasında veya dergide yayımlanmış bir makaleye dair etik olmayan bir durum şüphesinin oluşması veya telif hakkı ihlali halinde, söz konusu çalışma hakkında incelemelerde bulunabilir. Yapılan incelemeler sonucunda bu amaçla değerlendirilen makale için COPE'nin makale geri çekme süreçleri uygulanır.

Eğer dergi editörleriyle iletişime geçen çalışma sahibinin kendisinden henüz yayımlanmış, hakem sürecinden geçerek kabul edilmiş ya da değerlendirme aşamasındaki çalışmalarıyla ilgili bir geri çekme talebi gelirse Arkeoloji Bilimleri Dergisi Yayın Kurulu bunu ivedilikle işleme alır. Bu işlemin yapılabilmesi için yazar(lar)ın geri çekme isteklerini kaleme aldıkları bir belge hazırlayıp her bir yazarın ıslak imzasıyla imzalayarak Arkeoloji Bilimleri Dergisi e-posta adresine (editor@arkeolojibilimleridergisi.org) iletmesi gereklidir. Bu süreç COPE'nin Akran Hakemleri için Etik İlkelerine göre sürdürülür. Arkeoloji Bilimleri Dergisi Yayın Kurulu, başvuruyu inceleyip karar vermeden önce yazarların çalışmasını başka bir dergiye yayınlanmak üzere göndermesini katıyetle etik bir davranış olarak kabul görmez.

Finansman

Yayında sunulan çalışmanın tamamlanması için alınan fon ve benzeri araştırma desteği, uygun olduğunda hibe numaraları ve/veya bilimsel proje numaraları da dahil olmak üzere beyan edilmelidir. Arkeoloji Bilimleri Dergisi'nde uygulanan yayın süreçleri, bilginin tarafsız ve saygın bir şekilde gelişimine ve dağıtımına temel oluşturmaktadır. Hakemli çalışmalar bilimsel yöntemi somutlaştıran ve destekleyen çalışmalardır. Bu noktada sürecin bütün paydaşlarının—yazarlar, okuyucular ve araştırmacılar, yayıncı, hakemler ve editörler—etik ilkelere yönelik standartlara uyması önem taşımaktadır. Makalelerde cinsiyetçi, ırkçı veya kültürel ayırım yapmayan, kapsayıcı bir dil kullanılmalıdır (“insanoğlu” yerine “insan”; “bilim adamı” yerine “bilim insanı” gibi). Arkeoloji Bilimleri Dergisi yayın etiği kapsamında tüm paydaşların bu etik sorumlulukları taşımasını beklenmektedir. Burada belirtilen etik görev ve sorumluluklar, *Committee on Publication Ethics* (COPE) tarafından açık erişimli olarak yayınlanan rehberler ve politikalar dikkate alınarak hazırlanmıştır. Bkz.: COPE İş Akış Diyagramları.

Kişisel Verilerin Korunması

Arkeoloji Bilimleri Dergisi'nde değerlendirilen çalışmalarda gerçek kişilere ait kişisel veriler Kişisel Verilerin Korunması Hakkında Kanun kapsamında koruma altındadır. Yazara ait hiçbir bilgi üçüncü kişi ve kurumlarla paylaşılmaz.



Turkish Journal of Archaeological Sciences Publication Ethics and Policies

Publication Ethics

The Turkish Journal of Archaeological Sciences adheres to the ethical standards set by the Committee on Publication Ethics (COPE), ensuring integrity in all aspects of the publication process for authors, reviewers, editors, publishers, and readers. The journal follows COPE guidelines to uphold ethical publishing practices.

For Editors: If a member of the editorial board submits an article to the journal, their editorial role is suspended during the peer review process to prevent any access to or influence over the review. This measure safeguards the integrity of the double-blind peer review system.

For Reviewers: The Turkish Journal of Archaeological Sciences employs an unbiased and ethical double-blind peer review system in accordance with COPE's Ethical Guidelines for Peer Reviewers. Reviewers are expected to complete their assessments within the assigned timeframe. The journal maintains the confidentiality of reviewers and expects both authors and reviewers to do the same. Reviewers must provide objective and respectful evaluations. Comments containing aggressive language or personal opinions about the authors will not be considered. Before commencing a review, reviewers must disclose any potential conflicts of interest to the editors.

For Authors: The Turkish Journal of Archaeological Sciences aims to contribute original research to the scientific community. Submitted manuscripts must be original and based on scientific research. By submitting a manuscript to the journal, authors confirm that the work has not been published elsewhere and is not under consideration for publication in another journal. Authors must comply with research and publication ethics. If the research requires ethical approval, authors must provide an Ethics Committee Approval. If financial support was received for the research, authors must declare this in the manuscript. Authors are responsible for correcting any errors discovered post-publication. Manuscripts that do not adhere to the journal's ethical principles will be rejected. Following a preliminary evaluation and plagiarism check, manuscripts undergo peer review by at least two independent reviewers.

Copyright Policy

All original articles published in the Turkish Journal of Archaeological Sciences are licensed under a Creative Commons Attribution-Non-commercial 4.0 International (*CC BY-NC 4.0*) license. This permits the distribution, reproduction, and modification of articles and visuals, provided proper attribution is given to the original source. Copyright remains with the authors under the *CC BY-NC 4.0* license. Authors may share PDF versions of their published articles in institutional repositories, academic platforms, and social media, per the journal's open-access policy. The Turkish Journal of Archaeological Sciences does not derive financial benefits from published works.

Plagiarism Policy

The Turkish Journal of Archaeological Sciences reserves the right to check submitted manuscripts using plagiarism detection software (*iThenticate* or similar). Plagiarism includes the use of another's work—whether ideas, data, text, images, or other media—without proper citation or required permission. This also applies to self-plagiarism, where authors reuse their own previously published material without appropriate citation. Manuscripts found to contain plagiarism will be rejected. If plagiarism is identified post-publication, corrective measures will be taken under COPE's Ethical Guidelines for Peer Reviewers

Article Retraction Policy

The Turkish Journal of Archaeological Sciences is committed to academic integrity and will investigate ethical concerns regarding submitted or published articles. If ethical violations or copyright infringements are suspected, the journal will initiate a review process and follow COPE's retraction procedures as necessary.

If an author wishes to withdraw their manuscript after submission, acceptance, or publication, the Editorial Board will process the request promptly. Authors must submit a signed withdrawal request, endorsed by all co-authors, to the journal's official email address (editor@arkeolojibilimleridergisi.org). Manuscripts must not be submitted to another journal before receiving formal withdrawal confirmation, as this is considered unethical.

Funding Disclosure

If the research was supported by a grant or other financial resources, authors must disclose this in the manuscript, including relevant grant numbers and project identifiers where applicable.

Ethical Standards and Responsibilities

The Turkish Journal of Archaeological Sciences aims to support the objective and reputable dissemination of knowledge. Peer-reviewed publications represent the application of scientific

methodology, and all stakeholders—authors, readers, researchers, publishers, reviewers, and editors—must adhere to ethical standards. Manuscripts should use inclusive language that is free from bias based on sex, race or ethnicity, etc. (e.g., “he or she” or “his/her/their” instead of “he” or “his”) and avoid terms that imply stereotypes (e.g., “humankind” instead of “mankind”). The ethical duties and responsibilities outlined herein align with open-access policies and the Committee on Publication Ethics (COPE) guidelines.

Protection of Personal Data

Personal data of individuals involved in research published in the Turkish Journal of Archaeological Sciences is protected under the *Law on the Protection of Personal Data*. No personal information of authors will be shared with third parties or external institutions.



Makale Gönderimi ve Yazım Kılavuzu

* Please see below for English

Makale Kabul Kriterleri

Makalelerin konu aldığı çalışmalar, Arkeoloji Bilimleri Dergisi'nin amaçları ve kapsamı ile uyumlu olmalıdır (bkz.: Amaç ve Kapsam). Buna göre yayım önceliği, makalelerin arkeolojik yorumlamaya katkı sağlayan yeni anlayışlar, disiplinler arası yaklaşımlar, yeni metot ve kuram önerileri ile analiz sonuçlarıdır.

Makaleler Türkçe veya İngilizce olarak yazılmalıdır. Makalelerin yayın diline çevirisi yazar(lar)ın sorumluluğundadır. Eğer yazar(lar) makale dilinde akıcı değilse, metin gönderilmeden önce anadili Türkçe ya da İngilizce olan kişilerce kontrol edilmelidir.

Yazarın Türkçesi veya İngilizcesi akıcı değilse, özet ve anahtar kelimelerin Türkçe veya İngilizce çevirisi editör kurulu tarafından üstlenilebilir.

Her makale, 4000-10.000 sözcük arasında olmalıdır. Metne, 200 kelimeyi aşmayacak uzunlukta Türkçe ve İngilizce yazılmış özet ve beş anahtar kelime eklenmelidir. Özete referans eklenmemelidir.

Metin, figürler ve diğer dosyalar e-posta veya wetransfer yoluyla archaeologicalsciences@gmail.com adresine gönderilmelidir.

Makale Kontrol Listesi

Lütfen makalenizin aşağıdaki bilgileri içerdiğinden emin olun:

- Yazarlar (yazarların adı-soyadı ve iletişim bilgileri buradaki sırayla makale başlığının hemen altında paylaşılmalıdır)
- Çalışılan kurum (varsa)
- E-mail adresi
- ORCID ID

Makalenin içermesi gerekenler:

- Başlık
- Özet (Türkçe ve İngilizce)
- Anahtar kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- Metin
- Kaynakça
- Şekiller, tablolar, vb.
- Ekler (varsa)

Yazım Kuralları

Metin ve Başlıkların Yazımı

- Times New Roman karakterinde yazılan metin 12 punto büyüklüğünde, iki yana yaslı ve tek satır aralıklı yazılmalıdır. Makale Word formatında gönderilmelidir.
- Yabancı ve eski dillerdeki kelimeler italik olmalıdır.
- Ana başlık 14 punto ve bold; sırasıyla alt başlık 12 punto ve bold; bir alt başlık ise 12 punto ve italik yazılmalıdır.
- Başlıklar numaralandırılmamalı, altları çizilmemelidir.
- Başlık ve alt başlıklarda her kelimenin ilk harfi büyük olmalıdır.

Referans Yazımı

Ayrıca bkz.: Metin İçi Atıflar ve Kaynakça Yazımı

- Referanslar metin içinde (Yazar, yıl, sayfa numarası) şeklinde verilmelidir.
- Metin içinde aynı parantezdeki çoklu referanslar alfabetik sıraya göre dizilmelidir.
- Referanslar için dipnot ve son not kullanımından kaçınılmalıdır. Bir konuda not düşme amacıyla gerektiği takdirde dipnot tercih edilmelidir.
- Dipnotlar Times New Roman karakterinde, 10 punto büyüklüğünde, iki yana yaslı, tek satır aralıklı yazılmalı ve her sayfa sonuna süreklilik izleyecek şekilde eklenmelidir.

Şekiller ve Tablolar

- Makalenin altına şekiller ve tablolar için bir başlık listesi eklenmelidir. Görsellerde gerektiği takdirde kaynak belirtilmelidir. Her şekil ve tabloya metin içerisinde gönderme yapılmalıdır (Şekil 1 veya Tablo 1).
- Görseller Word dokümanının içerisine yerleştirilmemeli, jpg veya tiff formatında, ayrı olarak gönderilmelidir.
- Görüntü çözünürlüğü basılması istenen boyutta ve 300 dpi'nin üzerinde olmalıdır.
- Görseller Photoshop ve benzeri programlar ile müdahale edilmeden olabildiğince ham haliyle gönderilmelidir.
- Excel'de hazırlanmış tablolar ve grafikler var ise mutlaka bunların PDF ve Excel dokümanları da gönderilmelidir.

Sayıların Yazımı

- MÖ ve MS kısaltmalarını harflerin arasına nokta koymadan kullanınız (örn.: M.Ö. yerine MÖ).
- “Bin yıl” ya da “bin yıl” yerine “... binyıl” kullanınız (örn.: MÖ 9. binyıl).
- “Yüzyıl”, “yüz yıl” ya da “yy” yerine “yüzyıl” kullanınız (örn.: MÖ 7. yüzyıl).
- Beş veya daha fazla basamaklı tarihler için sondan sayarak üçlü gruplara ayırmak suretiyle sayı gruplarının arasına nokta koyunuz (örn.: MÖ 10.500).
- Dört veya daha az basamaklı tarihlerde nokta kullanmayınız (örn.: MÖ 8700).
- 0-10 arasındaki sayıları rakamla değil yazıyla yazınız (örn.: “8 kez yenilenmiş taban” yerine “sekiz kez yenilenmiş taban”).

Noktalama ve İşaret Kullanımı

- Ara cümleleri lütfen iki çizgi ile ayırınız (—). Çizgi öncesi ve sonrasında boşluk bırakmayınız.
- Sayfa numaraları, tarih ve yer aralıklarını lütfen tek çizgi (-) ile ayırınız: 1989-2006; İstanbul-Kütahya.

Kısaltmaların Yazımı

- Sık kullanılan bazı kısaltmalar için bkz.:

Yaklaşık:	yak.	Circa:	ca.
Bakınız:	bkz.	Kalibre:	kal.
Örneğin:	örn.	ve diğerleri:	vd.

Özel Fontlar

- Makalede özel bir font kullanıldıysa (Yunanca, Arapça, hiyeroglif vb.) bu font ve orijinal metnin PDF versiyonu da gönderilen dosyalar içerisine eklenmelidir.

Metin İçi Atıflar ve Kaynakça Yazımı

- Her makale, metin içinde atıfta bulunulan çalışmalardan oluşan ve “Kaynakça” başlığı altında düzenlenmiş bir referans listesi içermelidir.
- Metinde atıfta bulunulan tüm çalışmalar “Kaynakça” başlığı altında listelenmelidir.
- Eğer mevcutsa, dergi makaleleri için mutlaka DOI numarası eklenmelidir.
- Metin içi atıf ve kaynakça yazımında APA 7 kuralları geçerlidir:
 - o <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines/citations>
 - o <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines/references>

Teşekkürler

Varsa teşekkür edilecek kişi ve kurumlar, ana metnin hemen arkasında, Kaynakça’dan önce, Teşekkürler başlığı altında verilmelidir.

Ekler

Arkeoloji Bilimleri Dergisi çalışmayı destekleyici veri setleri, tablo ve şekilleri ek materyal olarak kabul etmektedir. Lütfen çalışmanızı destekleyici ekleri XLSX (veri setleri ve tablolar için), veya Word (şekil ve görseller için) formatında gönderiniz.



Article Submission and Author Guidelines

Article Acceptance Criteria

Submitted articles must fall within the aims and scope of the Turkish Journal of Archaeological Sciences (see: Aims and Scope). Priority in publication is given to articles that contribute new insights to archaeological interpretation, present interdisciplinary approaches, propose new methods and theories, and report analytical results.

Articles must be written in Turkish or English. The author(s) are responsible for translating the manuscript into the language of publication. If the author(s) are not fluent in the manuscript's language, the text should be reviewed by a native speaker of Turkish or English before submission.

If the author(s) are not fluent in Turkish or English, the editorial board may undertake the translation of the abstract and keywords into Turkish or English.

Each article should be between 4,000 and 10,000 words. The manuscript must include an abstract in both Turkish and English, not exceeding 200 words, and five keywords. The abstract should not include references.

The text, figures, and other files should be submitted via e-mail or WeTransfer to:
archaeologicalsciences@gmail.com

Article Checklist

Please ensure your manuscript includes the following information:

- Authors (the authors' full names and contact details should be provided in this order directly below the article title)
- Affiliation (if applicable)
- E-mail address
- ORCID ID

The manuscript must include the following components:

- Title
- Abstract (in Turkish and English)
- Keywords (in Turkish and English)
- Main text
- References
- Figures, tables, etc.
- Supplementary materials (if any)

Formatting Guidelines

Text and Headings

- The text must be written in Times New Roman, 12-point font, justified alignment, and single-line spacing. The article must be submitted in Word format.
- Words in foreign and ancient languages should be written in italics.
- The main title should be 14-point and in bold; subheadings should be 12-point and in bold; lower-level subheadings should be 12-point and italic.
- Headings should not be numbered or underlined.
- The first letter of each word in titles and subtitles should be capitalized.

Referencing Guidelines

See also: In-Text Citations and Reference List Formatting

- References must be cited in the text using the following format (Author, year, page number).
- Multiple references within the same parentheses should be listed in alphabetical order.
- The use of footnotes and endnotes for references should be avoided. If necessary, footnotes may be used for explanatory notes.
- Footnotes must be written in Times New Roman, 10-point font, justified alignment, and single-line spacing, and should be added at the bottom of each page, numbered continuously.

Figures and Tables

- A list of figure and table captions must be included at the end of the article. Sources for images should be cited when necessary. Each figure and table must be referenced in the text (e.g., Figure 1 or Table 1).
- Images must not be embedded in the Word document; they should be submitted separately in JPG or TIFF format.
- Image resolution must be at least 300 dpi at the intended print size.
- Images should be submitted in their original, unaltered form, without manipulation in Photoshop or similar software whenever possible.
- If tables or graphs have been prepared in Excel, both the PDF and the original Excel files must also be submitted.

Writing of Numbers

- Please use the abbreviation BCE without periods (e.g., BCE, not B.C.E.).
- Please use "... millennium" rather than variations such as "thousand years" (e.g., 9th millennium BCE).
- Please use "century" instead of other abbreviations (e.g., 7th century BCE).
- For dates with five or more digits, please use a dot to separate groups of three digits counting from the right (e.g., 10.500 BCE).
- Please do not use a dot in dates with four or fewer digits (e.g., 8700 BCE).
- Please write out numbers between zero and ten in words rather than numerals (e.g., "eight renewed floors" instead of "8 renewed floors").

Punctuation and Use of Symbols

- Please prefer em dashes (—) for parenthetical sentences. Do not leave a space before or after the dash.
- Please use a hyphen (-) to separate page numbers, dates, and place ranges: 1989-2006; Istanbul-Kütahya.

Abbreviations

- Commonly used abbreviations:

Approximately:	approx.	Circa:	ca.
See:	see	Calibrated:	cal.
For example:	e.g.	And others:	et al.

Special Fonts

If a special font has been used in the article (Greek, Arabic, hieroglyphic, etc.), the font file and a PDF of the original text must also be included among the submitted files.

In-Text Citations and Reference List Formatting

- Each article must include a reference list under the heading “References,” consisting only of works cited in the text.
- All works cited in the text must be listed under the “References” heading.
- Where available, a DOI number must be included for journal articles.
- APA 7 guidelines apply to both in-text citations and the reference list:
 - o <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines/citations>
 - o <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines/references>

Acknowledgements

If applicable, individuals and institutions to be acknowledged should be listed immediately after the main text and before the References under the heading “Acknowledgements.”

Supplementary Materials

We accept supporting datasets, tables, and figures as supplementary materials. Please submit supplementary materials in XLSX format for datasets and tables, or in Word format for figures and images.