

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**YUNANİSTAN AMYKLES ARKEOLOJİK ALANININ LAZER TARAMA İLE  
DÖKÜMANTASYONU VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI**

**Cem Sönmez BOYOĞLU**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MART 2019**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**YUNANİSTAN AMYKLES ARKEOLOJİK ALANININ LAZER TARAMA İLE  
DÖKÜMANTASYONU VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI**

**Cem Sönmez BOYOĞLU**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MART 2019**

**ANTALYA**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YUNANİSTAN AMYKLES ARKEOLOJİK ALANININ LAZER TARAMA İLE  
DÖKÜMANTASYONU VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI**

**Cem Sönmez BOYOĞLU**

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**

**ANABİLİM DALI**

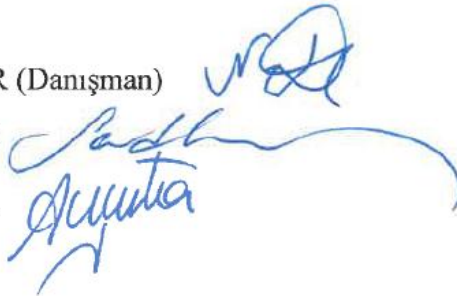
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez 29/03/2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Nusret DEMİR (Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Serdar SELİM

Dr. Öğr. Üyesi Aysun TUNA



## ÖZET

### YUNANİSTAN AMYKLES ARKEOLOJİK ALANININ LAZER TARAMA İLE DÖKÜMANTASYONU VE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI

Cem Sönmez BOYOĞLU

Yüksek Lisans Tezi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nusret DEMİR

2. Danışman : Prof. Maria TSAKİRİ

Mart 2019; 55 sayfa

Bu çalışmada uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin arkeoloji bilimine sağladığı katkılar gözlemlenmeye ve bu katkıları kullanarak sağladığı faydalar bir sistem haline getirilmeye çalışılmıştır. Çalışma Yunanistan'ın Sparta şehrindeki Amyklaion antik bölgesinde gerçekleştirildi. Çalışmanın amacı bölgede jeodezik teknikleri kullanarak belgeleme sonuçlarını sunmaktır. Bölgede yapılan çalışmalarda elde edilen lazer tarama verileri kullanılarak 3D modeller oluşturuldu ve bölge harita/plan çizimleri kullanılarak arkeolojik alandaki buluntular hakkında bilgiler edinilebilecek bir coğrafi bilgi sistemi oluşturulmaya çalışıldı. Bu çalışmalar sayesinde arkeolojik alanlardaki çalışmaların hızlandırılması, interaktif bir şekilde bilgisayarlarda kullanılabilir hale getirilmesi ve bilimsel açıdan kolaylık sağlayarak daha kalıcı bir sistem oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışmada kazı ekibinin 2015 ve 2017 yıllarında elde ettiği karasal lazer tarama verileri, GPS koordinatları, İHA ve yersel dijital fotoğrafları kullanılmış ve aynı zamanda kazı ekibinin arşivlediği kazı envanter listelerinden faydalanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda yapılan çalışmaların arkeologların işlerini kolaylaştıracağı düşünülmektedir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Arkeoloji, 3D Modelleme, Jeodezi, Yunanistan, Amyklaion, Sparta

**JÜRİ:** Dr.Öğr Üyesi Nusret DEMİR

Dr.Öğr Üyesi Serdar SELİM

Dr.Öğr Üyesi Aysun TUNA

## ABSTRACT

### DOCUMENTATION OF AMYKLES ARCHAEOLOGICAL AREA BY LASER SCANNING AND CREATING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

Cem Sönmez BOYOĞLU

MSc Thesis in Remote Sensing and Geographic Information Systems

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Nusret DEMİR

2<sup>nd</sup> Supervisor: Prof. Maria TSAKİRİ

Mart 2019; 55 pages

In this study, the contribution of remote sensing and geographic information systems to archeology science has been tried to be observed and the benefits that it provides by using these contributions have been tried to be a system. The study was carried out in the ancient district of Amyklaion in the Sparta region of Greece. The aim of the study is to present the results of documentation using geodetic techniques in the region. Using the laser scanning data obtained in the studies in the region, 3D models were created and a geographic information system was tried to be obtained by using the site maps in the region to obtain information about the findings in the archaeological area. With these studies, it is aimed to accelerate the works in archaeological areas, to make them used in computers in an interactive manner and to create a more permanent system by providing scientific convenience. Gps coordinates, terrestrial laser scanning datas, UAV and terrestrial digital photographs from 2015 and 2017 and excavation inventory lists archived by the excavation team were used to obtain all this works. It is thought that the studies carried out for this purpose will facilitate the work of archaeologists.

**KEYWORDS:** Remote sensing, Geographic Information Systems, Archaeology, 3D Modelling, Geodesy, Greece, Amyklaion, Sparta

**COMMITTEE:** Dr. Öğr. Üyesi Nusret DEMİR

Dr. Öğr. Üyesi Serdar SELİM

Dr. Öğr. Üyesi Aysun TUNA

## ÖNSÖZ

Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin desteği ile arkeolojiye fayda sağlamak ve bu faydaları mümkün olduğunca sunabilmek adına hazırlamış olduğum bu çalışmayı mümkün olduğunca uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile bağlantısı olan veya olmayan herkesin yararlanabileceği, açık ve sade bir dil ile anlatmaya çalıştım. Disiplinler arası çalışmaların ne kadar etkili ve yararlı olabileceğini gözlemlemiş olup bu çalışmada bana büyük desteği olan danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Nusret DEMİR'e teşekkürü bir borç bilirim. Aynı zamanda Erasmus programı kapsamında Yunanistanda olduğum sürece danışmanlığımı üstlenen Prof. Maria Tsakiri'ye, Yunanistandaki ofis çalışmalarımda bana yardımcı olan Prof. Vassilis PAGOUNIS, Eleni Karousou ve Iwana Plagaki'ye, kazı alanı hakkında hiçbir desteği esirgemeyen Amyklaion kazı başkanı Asst. Prof. Director Stavros VLIZOS ve ekibinden Despoina Nika, Adrien De la Hoya ve J.A. Maria Sharamyeva'ya, arkadaşım Su Güneş Kabaklı'ya ve aileme desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ .....	iii
AKADEMİK BEYAN .....	v
KISALTMALAR .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK TARAMASI .....	3
2.1. Arkeolojide Kullanılan Uzaktan Algılama Yöntemleri.....	3
2.1.1. Arkeolojik çalışmalarda hava fotoğrafından yararlanma .....	4
2.2. Arkeolojide Kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemleri .....	5
2.3. Çalışma Alanı ve Tarihi .....	7
2.3.1. Amyklaionun tarihsel gelişimi.....	9
3. MATERYAL VE METOT .....	12
3.1. Uzaktan Algılama.....	12
3.1.1. Veri toplama .....	12
3.1.2. Veri işleme.....	13
3.1.3. 3D model .....	15
3.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	16
3.2.1. Veri toplama .....	16
3.2.2. Veri işleme.....	16
3.2.3. Coğrafi bilgi sistemi .....	19
4. BULGULAR.....	20
5. TARTIŞMA .....	24
6. SONUÇLAR.....	25
7. KAYNAKLAR .....	27
8. EKLER.....	30
ÖZGEÇMİŞ .....	

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum; “Yunanistan Amykles Arkeolojik Alanının Lazer Tarama ile Dökümantasyonu ve Coğrafi Bilgi Sisteminin Oluşturulması ” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

29/03/2019

Cem Sönmez BOYOĞLU





## KISALTMALAR

### Kısaltmalar

ALS : Airstrial Laser Scanning

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

EH : Early Helladic

GNSS : Global Navigation Satellite System

GPS : Global Positioning System

GIS : Geographic Information Systems

H : Horizontal

İHA : İnsansız Hava Aracı

NASA : National Aeronautics and Space Administration

M: Metre

MH : Middle Helladic

M.Ö. : Milattan Önce

M.S. : Milattan Sonra

TLS : Terrastrial Laser Scanning

ToF : Time of Flight

V : Vertical

3D : Üç boyut

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Güneydoğu Mora / Sparta konumu .....	7
Şekil 2.2. Eurotas vadisi .....	7
Şekil 2.3. Sparta ve Amyklaion konum görüntüsü .....	8
Şekil 2.4. Amyklaion kazı alanı drone görüntüsü .....	9
Şekil 2.5. Amyklaion hava fotoğrafı üzerine yapılan tarih/grid entegrasyonu.....	11
Şekil 3.1. Uzaktan algılama çalışmalarının iş akış şeması.....	12
Şekil 3.2. Ağ model .....	14
Şekil 3.3. Ağ modele hava fotoğrafı ile doku giydirilmesi sonrası oluşan model.....	15
Şekil 3.4. 3D model örneği.....	15
Şekil 3.5. Coğrafi bilgi sistemleri çalışmalarının iş akış şeması.....	16
Şekil 3.6. Kazı alanı planı, grid sistemi ve buluntu konumları birlikte gösterimi.....	17
Şekil 3.7. Kazı alanı planı, grid sistemi ve buluntu konumları yakın gösterimi .....	17
Şekil 3.8. Plan ve buluntu entegrasi bilgi ekranı.....	18
Şekil 4.1. Amyklaion kazı alanı lazer tarama çalışması.....	20
Şekil 4.2. Amyklaion kazı alanı drone görüntüsü.....	21
Şekil 4.3. Sistemde yapılan sorgulama örnekleri.....	22
Şekil 8.1. Ağ Model .....	30
Şekil 8.2. Ağ Model .....	30
Şekil 8.3. Ağ Model .....	31
Şekil 8.4. Ağ Model .....	31
Şekil 8.5. Ağ Model .....	32
Şekil 8.6. Ağ Model .....	32
Şekil 8.7. Ağ Model .....	33
Şekil 8.8. Ağ Model .....	33
Şekil 8.9. Ağ Model .....	34

<b>Şekil 8.10.</b> Ağ Model .....	34
<b>Şekil 8.11.</b> Ağ Model .....	35
<b>Şekil 8.12.</b> Ağ Model .....	35
<b>Şekil 8.13.</b> Ağ Model .....	36
<b>Şekil 8.14.</b> Ağ Model .....	36
<b>Şekil 8.15.</b> Ağ Model .....	37
<b>Şekil 8.16.</b> Ağ Model .....	37
<b>Şekil 8.17.</b> Ağ Model .....	38
<b>Şekil 8.18.</b> Ağ Model .....	38
<b>Şekil 8.19.</b> Ağ Model .....	39
<b>Şekil 8.20.</b> Ağ Model .....	39
<b>Şekil 8.21.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	40
<b>Şekil 8.22.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	40
<b>Şekil 8.23.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	41
<b>Şekil 8.24.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	41
<b>Şekil 8.25.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	42
<b>Şekil 8.26.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	42
<b>Şekil 8.27.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	43
<b>Şekil 8.28.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	43
<b>Şekil 8.29.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	44
<b>Şekil 8.30.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	44
<b>Şekil 8.31.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	45
<b>Şekil 8.32.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	45
<b>Şekil 8.33.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	46
<b>Şekil 8.34.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	46
<b>Şekil 8.35.</b> Doku giydirilmiş ağ model.....	47

<b>Şekil 8.36.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	47
<b>Şekil 8.37.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	48
<b>Şekil 8.38.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	48
<b>Şekil 8.39.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	49
<b>Şekil 8.40.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	49
<b>Şekil 8.41.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	50
<b>Şekil 8.42.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	50
<b>Şekil 8.43.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	51
<b>Şekil 8.44.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	51
<b>Şekil 8.45.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	52
<b>Şekil 8.46.</b> Doku giydirilmiş ağ model .....	52
<b>Şekil 8.47.</b> Hava fotoğrafı, ağ model ve doku giydirilmiş ağ model .....	53
<b>Şekil 8.48.</b> Hava fotoğrafı, ağ model ve doku giydirilmiş ağ model .....	54
<b>Şekil 8.49.</b> Amyklaion genel görünüm .....	55
<b>Şekil 8.50.</b> Amyklaion seramik buluntu örnekleri .....	55

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Amyklaion Kronolojisi .....	10
--	----

## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada asıl amaç uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin arkeoloji çalışmalarına sağlayacağı katkıları vurgulamaktır. Kullanılan teknikler yüksek oranda doğruluk payı sunmaktadır. Geleneksel kazı tekniklerine etkili bir destek olarak kullanılabilir bu teknikler hem daha hızlı, hem daha ekonomik hem de daha işlevsel olmasının yanı sıra iş gücü açısından da fayda sağlamaktadır. Uzaktan algılama ve CBS çalışmaları arkeolojik alanların tespit edilmesinde, arşivlenmesinde, sanal olarak korunmasında, analizinin yapılmasında ve daha birçok alanda işleri pratik hale getirerek, maddi anlamda da desteklenmesine ek olarak aynı zamanda klasik yöntemlerle karşılaştırıldığında çalışma süresini mümkün olduğunca en aza indirmektedir.

Kültürel miras, çeşitli anıtlar, binalar veya olağanüstü evrensel değere sahip arkeolojik alanlar içerir. Bu sit alanları genellikle çevresel koşullar, yapısal istikrarsızlık, artan turizm ve kalkınma gibi birçok nedenden dolayı tehdit altındadır. Jeodezik teknikler, son teknoloji dijital kayıt ürünleri ve karasal lazer taraması gibi diğer dijital dokümantasyon teknikleri, bu sit alanlarının mekansal özelliklerini belgelemek için son derece yararlı yollar sağlamaktadır. Elde edilen mekânsal bilgi sadece hızla bozulacak olan bu alanların kesin bir kaydını oluşturmakla kalmayıp, aynı zamanda gelecek kuşaklar için de arşivlenebilmekte ve kazı başkanlarının, arkeologların ve konservatörlerin kazı alanlarını gözlemleyebilmeleri ve gerekli restorasyon çalışmalarını yapabilmeleri için temel bir veri sunmaktadır. Ayrıca, bu alanların dijital bir kaydı, internet aracılığıyla daha geniş bir kitleye erişimlerini kolaylaştırmaktadır (Arabatzi vd. 2011).

Kültürel Miras belgelenmesinde, özellikle de arkeoloji biliminde, araştırma tekniklerinin doğruluk, düşük maliyet, taşınabilirlik ve veri ediniminin hızlı olması gibi bazı özellikleri olmalıdır (Remondino ve Rizzi 2010).

Antik dünyanın çöküşü ile birlikte birçok önemli bina yıkılmıştır, ya da yağmalanarak deforme olmuştur. Tarihin bir parçası olarak, arkeoloji bilimi bu yapıları yeniden ayağa kaldırmak için büyük çabalar sarfetmektedir ve Amyklai'deki Apollon tahtının da böyle bir çalışmaya ihtiyacı vardır (Bilis ve Magnisali 2012).

Yapıların yeniden inşasında 3D modellemenin önemli bir yeri vardır. Sparta'daki Amykles Mycenaean tapınağında yer alan kazı alanının ayrıntılı 3D belgelerini elde etmek için GNSS (Global Navigation Satellite Systems), lazer taraması ve drone görüntüleri gibi jeodezik teknikler kullanılmıştır. Amykles Mycenaean kutsal alanının, arkeolojik verilerden de yararlanılarak kapsamlı bir araştırması yapılmıştır. Çalışma alanının stratigrafik özellikleri de baz alınarak, adım adım ilerleyen bir çalışma planı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Elde edilen veriler bilgisayar ortamında analiz edilerek, çalışma alanının 3D modellemesinin yapılması amaçlanmıştır. Ayrıca, modeli geliştirmek ve heterojen verileri entegre etmek için ön deneyler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen 3D veriler daha sonra, arkeolojik belgeleme çalışmalarında daha objektif bir yorum geliştirmek için kullanılır. Arkeologlar, elde edilen bu 3D modellemelerden yararlanarak antik yapılar hakkında daha ayrıntılı bilgi sahibi olurlar ve bu da yapıların kullanım amacı hakkında kapsamlı veriler sunar (Vlizos vd. 2018).

Bu çalışmanın amacı, Yunanistan'ın Sparta arkeolojik sit alanının farklı jeodezik teknikleri kullanarak belgeleme sonuçlarını sunmaktır. Amykles bölgesi çok sayıda

önemli bulgu içermektedir. Alanın belgelendirilmesi için, arazi etütlerinden elde edilen veriler, karasal lazer tarama (TLS) ve İHA'nın havadan dijital görüntüleri olarak, iki farklı tarihte (2015 ve 2017) toplanmıştır. Veriler ortak bir referans sistemine çevrilmiştir. Veriden, arkeolojik alanın dijital yüzey modelleri üretilmekte ve kazıların ilerlemesini sağlamak için yüzey modellerinin geometrik bir karşılaştırması yapılmaktadır. Makale, veri toplama ve veri işleme için izlenen metodolojiyi tanımlamakta ve bu tür dokümantasyon projeleri ve üretilen sonuçlarla ilgili raporlar için pratik yönler ve zorluklar üzerinde tartışmaktadır (Vlizon vd. 2018).

Çalışmanın Uzaktan Algılama sekmesinde Cyclone yazılımında nokta bulutları üzerinde çalışılarak Ağ model oluşturulmak için gereken ilk adım atılmıştır. Nokta bulutu Geomagic Wrap yazılımı ile model haline getirilmiştir. Çeşitli işlemlerden geçirilen model son haline getirilip, drone ile elde edilen tek kare hava fotoğrafları ve gerekli yerlerde kullanılan yerden çekilmiş fotoğraflar ile zenginleştirilerek modele doku giydirilmesi yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri sekmesinde ise kazı alanına ait olan sayısallaştırılmış harita altlık olarak kullanılarak üzerine işlenen grid sistemine kazıda ortaya çıkartılan eserlerin noktasal konumları (açma içi) tahmini olarak işaretlenerek bir grid / envanter altyapısı oluşturulmuştur.

## 2. KAYNAK TARAMASI

### 2.1.Arkeolojide Kullanılan Uzaktan Algılama Yöntemleri

Arkeolojik alanları etkileyen doğal kuvvetler sayısızdır ve bu kuvvetler arkeolojik alanın bulunduğu bölgeye göre değişebilir. Alanın doğal kuvvetlerden aldığı hasar, tek bir günde veya binlerce yılda gerçekleşebilir. Gerçekleşen bu doğal afetler arkeolojik alanları etkilemekte ve değiştirmektedir, bu nedenle uzaktan algılama, değişimlerin nasıl gerçekleştiğini çözmek için yardımcı olabilir. Çölleşme, yağmur ormanlarının hızla büyümesi, su baskını, küresel ısınma veya soğumaya bağlı bitki örtüsü değişiklikleri, ve depremler, arkeolojik alanları etkileyebilecek doğal değişikliklerden sadece birkaçıdır ( Parcak 2009).

Kültürel miras alanlarındaki tarihi değişiklikler, uygulamalara bağlı olarak bir dizi teknikten oluşan coğrafi verilerle ölçülebilir. Bu teknikler, uydu, hava kaynaklı görüntüler, veya karasal lazer taraması (TLS) ile yoğun veri toplamanın gelişmiş teknolojilerinden, saha topografik araştırmalarına kadar çeşitlilik göstermektedir. TLS karmaşık sahaların hızlı bir şekilde incelenmesini sağlayan olumlu bir tekniktir. Büyük ölçekli deformasyonların yanı sıra tespit, karakterizasyon ve değişikliklerin analizini gerektiren kültürel miras uygulamalarının çözümünü ve doğruluğunu ortaya koyar ( Pagounis vd. 2016).

Mimari araştırma için en önemli faktör, mevcut bina, yapı veya anıtın (heykel) çok inandırıcı bir çizimini oluşturmaktır. Bu tür araştırmaları gerçekleştirmek için, reflektörsüz takeometreler, foto teodolitler, dijital kameralar ve yüzey lazer tarayıcıları kullanılabilir. Günümüzde, belirli bir amaca ilişkin detaylı ve güvenilir bilgi elde etmenin en hızlı yöntemi lazer taramadır. Lazer taraması sayesinde, tüm ortamın en doğru ve ayrıntılı dijital modellerini mümkün olan en kısa sürede oluşturmak mümkündür (Kuznetsova vd. 2015).

Kültürel mirasın ve tarihi mekanların korunması önemli bir sorundur. Yeni dijital 3D tarama cihazlarının ortaya çıkışı, bu alanların dijital olarak korumak, geometrik ve gerçekçi 3D modeller oluşturarak tarihi geçmişi arşivlemek için yeni araçlar sağlamıştır (Herban vd. 2012).

3D veri toplama, fotogrametri, radar, termal, hareketten şekil üretimi ve manuel teknikler gibi çeşitli yollarla elde edilebilir ( Harvey vd. 2017).

TLS Alan çalışmasında harcanan zamanın önemli ölçüde azalmasına olanak sağlar ve böylece maliyetlerin düşürülmesiyle sonuçlanan daha hızlı bir veri yakalama şansı olarak tanır. Bu sayede duvarların doğru ve yüksek detaylara sahip üç boyutlu kaydını sağlar (Alba vd. 2012).

Sert yüzeylerde yürütülen petroglifleri ve yazıtları kaydetmek ve belgelemek için kullanılan geleneksel teknikler arasında (ıslak) kağıt ve kurşun kalem / boya kalemi, serbest el çizimi, fotoğrafçılık, alçı kalıplama, lateks ve balmumu tekniği vardır. Bu teknikler, günümüz araştırmacıları ve koruyucularının ihtiyacı olan ayrıntı ve doğruluk derecesini üretmez (Lerma vd. 2010).



Lazer tarama erişilmesi zor olan karmaşık geometrik şekillerin kaydedilmesini sağlar. İlk olarak endüstriyel alanda mühendislik için kalite kontrol alanında kullanılmış olan sistem farklı arkeolojik araştırmalarda ise bugüne kadar başarıyla kullanılmıştır (Núñez vd. 2013).

70'lerin başlarında ilk NASA ticari uydusu Landsat-1'in lansmanı ile başlayan dijital uydu görüntüsü, arkeolojik çalışmalarda kullanılmak üzere düşük mekansal çözünürlüğü nedeniyle fayda sağlayamamıştır. Ancak 1999 ve 2001'de, yüksek çözünürlük uyduları IKONOS- 2 (1 m çözünürlük) ve Quick-Bird-2 (1,6 m çözünürlük) arkeoloji bilimine katkı sağlamaya başlamıştır (akt. Kaimaris vd. 2012).

### **2.1.1. Arkeolojik çalışmalarda hava fotoğrafından yararlanma**

Temel nitelik ve geometrik farklarına rağmen hava fotoğrafı ile harita arasında bir çok ortak nokta bulunmaktadır. Bu nedenle tek kare hava fotoğraflarının bir harita gibi kullanılması birçok çalışmada yeterli olabilmektedir. Haritalar farklı görevlere uygun olarak üretildiklerinden, bazı verilerin detaylandırılmamış olma ihtimali vardır. Hava fotoğraflarında ise detaylar, çekim ölçeği ve ayırım gücüne bağlı olarak belirlenir. Çalışmanın amacına göre, hava fotoğrafında incelenen detayların seçilme esnekliği, tek bir kare üzerinde birden fazla kullanıcının değişik uğraşlar için çalışmasına kolaylık sağlamaktadır. (Özülü ve Altan 2007).

Arkeoloji bilimi kapsamında hava fotoğraflarının kullanılması, “hava arkeolojisi” şeklinde adlandırılmakta ve arkeolojide ayrı bir anabilimdalı olarak kendini göstermektedir. Hava arkeolojisi çalışmaları sırasında yapılan fotoğraf çekimlerinde, arkeolojik bulgular çok daha ayrıntılı ve hassas belirlenebilmektedir. Arazi çalışmalarında yararlanılan arazi bulguları fotoğraf üzerinde daha belirgin hale gelmektedir. Çekim anındaki ışık durumu, mevsim, bitki örtüsü, çekim saati gibi kriterlere bağlı olarak ortaya çıkan, resim üzerindeki yorumlama izleri belirlenebilmektedir. Fakat değişik amaçlarda normal koşullar altında çekilmiş fotoğraflarla yapılan çalışmalarda da arkeolojik anlamda çok fazla bulgular elde edildiği gözlemlenilmiştir (Özülü ve Altan 2007).

Arkeolojik araştırma açısından bakıldığında, genel araştırma için karasal yöntemlerin kullanılmasının ve arkeolojik alanların tanımlanmasının zaman alıcı olduğu hepimiz tarafından bilinmektedir. Bu nedenle, Uzaktan algılama yöntemleri kullanılması bu durumlarda daha uygundur. Lazer ışınları ağaç yaprakları ve dallarının altına nüfuz edebileceği, hızlı ve doğru bir veri elde edilmesine izin verdiği için bu nitelikteki alanlarda çok fayda sağlamaktadır (Bobál'a vd. 2017).

Lazer tarama teknikleri, çok yoğun bir 3D nokta bulutu verisini hızlı bir şekilde üretme kabiliyetiyle herhangi bir yüzey şeklini yakalayabilir. Ne yazık ki, lazer ışını ölçülen yüzeyin rengini tespit edemez ve lazerli tarayıcıdan elde edilen 3D nokta bulutları, birleşik bir model fotoğrafik görüntülerden doku kullanılarak üretilmedikçe renksizdir (Arabatzi vd. 2011).

## 2.2. Arkeolojide Kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemleri

Coğrafi bilgi sistemleri'nin sosyal bilimlerde, özellikle tarihi coğrafya ile ilgili çalışan bilimlerde kullanımı son yıllarda hızla artmaktadır. Hem arkeolojik ve tarihi alanların konum tespiti hem de onlara ait her türlü bilginin coğrafi veritabanlarında depolanması çalışmalarında coğrafi bilgi sistemleri önemli bir yere sahiptir. Coğrafi bilgi sistemleri teknolojisi sayesinde, yüzey araştırmaları ve çeşitli arkeolojik araştırmalar sırasında birçok kullanıcı tarafından toplanan verinin tek bir veri tabanına aynı anda aktarılabilmesi araştırmacılara büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu sayede arkeolojik alanda kaydedilen buluntuların coğrafi bir veritabanında tutulması ve mekânsal sorgulamaların yapılması çok daha pratik ve hızlı bir hal almıştır. Bu teknoloji ile uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen; hava fotoğrafları, uydu görüntüleri gibi verilerin topografik haritalar ile karşılaştırılması, böylece çeşitli analizlerin ve bilgi üretiminin gerçekleştirilmesi arkeoloji çalışmalarına yeni ufuklar kazandırmıştır. Her geçen gün gelişimine hızla devam eden coğrafi bilgi sistemleri yazılımları, arkeolojik alanların ve bölgelerin mekânsal istatistiklerinin gerçekleştirilmesine de imkan tanımaktadır. CBS teknolojisinin, arkeologlar tarafından en sık kullanılan özelliklerinden biri de 3 boyutlu modelleme ve analiz modülüdür. 3 boyutlu şekilde canlandırılan yerleşim alanları, modellerin ve mekânsal analizlerin görsel olarak elde edilmesine olanak sunar (Kısağa ve Durduran 2016).

GIS, ayrıntılı bir veri görselleştirme sistemidir ve istatistiki bilgileri uzamsal olarak görüntülemek ve düzenlemek için birden fazla veri katmanının girilmesine izin verir. Bir CBS içerisinde, karşılaştırmalı ve analitik amaçlarla katmanlar oluşturulabilir, açılabilir veya kapatılabilir. Belirli verileri vurgulamak için şekil dosyaları oluşturulabilir ve belirli noktalara veya şekil dosyalarına veriler eklenebilir. Kullanıcılar veri katmanları arasındaki kalıpları gözleme özelliğine sahiptir. İstatistiksel veriler ayrıca, arkeolojik çalışmalarda öngörü sağlayabilecek bir CBS'de de karşılaştırılabilir ( Parcak 2009).

Son yıllarda uzaktan algılama teknolojileri ve uydu sensörlerinin tasarımında yapılan yenilikler beraberinde uzaktan algılama alanında yeni araştırma alanlarının ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır. Özellikle yüksek çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin kullanımı ile birlikte yeryüzü nesnelere ilişkin gerek konumsal gerekse spektral açıdan daha detaylı bilgiler elde edilebilmektedir (Çölkesen vd. 2014).

Son 10 yılda uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri birleşimi yeni ufuklar ve arkeoloji için olanaklar açtı. Örneğin, yeraltı kalıntılarının yüzey izlerini tespit etmek için hava fotoğrafları kullanılabilir veya kızılötesi ve termal elektromanyetik radyasyonlar yer altı arkeolojik kalıntılarını tespit etmeye yardımcı olabilir. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, arkeoloji ve kültürel miras yönetimine de yardımcı olabilir. Bu nedenle, uzaktan algılama verileri, CBS tabanlı modellerin geliştirilmesi yoluyla arkeolojik saha konumlarının ortak bir araştırma ve tahmin aracı haline gelmiştir ( akt. Nsanziyera vd. 2018).

Yeni kayıt teknolojileri, arkeolojik dokümantasyon çalışmalarında giderek daha doğru temsili sistemler ve daha yüksek kalitede veri sağlayan çarpıcı değişiklikler getirmektedir (López vd. 2016 ).

Bu alanda yapılan çalışmalara Türkiyeden Knidos antik kentinde yapılan çalışma ve Yorgun Herakles heykelinin Türkiyeye tekrar kazandırılmasına katkı sağlayan çalışma örnek gösterilebilir.

Knidos Antik Kenti'nde Kısağa ve Durduran tarafından yapılan çalışmada Knidos antik kent yerleşimcilerinin kültür, sanat, ticaret ve refah seviyelerine baktığımızda arazinin topografyasının oldukça engebeli olmasına karşın limanlarından faydalanmasında ve kentte bulunan yapıların konumlandırılmasında en uygun konumun seçildiği tespit edilmiştir (Kısağa ve Durduran 2016).

Akça ve arkadaşlarının'nın yaptığı, "Yorgun Herakles Heykeli"nin modellenmesiyle ilgili çalışmada aktif sensörler kullanılmıştır. Aktif sensörler, yani lazer tarayıcı ve yapılandırılmış ışık sistemleri, kültürel miras nesnelerinin 3D dokümantasyonunun önemli bir alanı olan 3D nesne rekonstrüksiyonu görevlerinde kullanılmaktadır. Sayısal-laştırma için yakın mesafeli bir yapısal ışık sistemi kullanılarak "Yorgun Herakles heykeli"nin 3D modellemesi yapılmıştır. Sistem, heykelin yüksek kaliteli nokta bulutu verilerini elde etmiştir. Yapısal ışık sistemleriyle aktif algılama, olgun bir teknolojidir ve kültürel miras nesnelerinin yüksek çözünürlüklü belgelendirilmesini sağlar (Akça vd. 2006).

Coğrafi bilgi sistemleri zamanla arkeoloji için önemli bir hale gelmiş ve özellikle gelişmiş ülkelerde yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Coğrafi bilgi sistemleri yoğun, geniş hacimli bilgileri depolama, arşivleme, referanslama konusunda faydalı ve başarılı bir alan olduğu için arkeoloji biliminin en kullanışlı araçlarından biri haline gelmektedir. Aynı zamanda pratikliği, kullanışlı ve mali açıdan tatmin edici oluşu coğrafi bilgi sistemlerinin arkeoloji biliminde hızla kabul edilmesine olanak sağlamıştır. Coğrafi bilgi sistemleri arkeologlara verileri işleme, birleştirme, arşivleme, depolama, çağırma olanakları sağladığı gibi aynı zamanda kazı alanını katman katman bölümlere ayırıp kolay bir şekilde inceleme olanağı da sağlar. Bu sayede mekansal ve zamansal açıdan çeşitli analizler yapmasına da yardımcı olmaktadır.

CBS, coğrafi verileri yakalamamıza, depolamamıza, değiştirmemize, analiz etmemize ve görselleştirmemize izin verir. 1980'lerin sonlarında ve 1990'ların başlarında, arkeologlar çalışmalarının bir parçası olarak CBS'yi, sadece arkeolojik verileri yönetmek için değil, aynı zamanda insan davranışlarıyla potansiyel olarak ilişkili olan mekansal kalıpları tanımlamak için giderek daha fazla kullanmaya başlamıştır (Richards-Risetto 2017).

CBS'de konum verisinin elde edilmesi oldukça önemli ve güçtür. Bu anlamda klasik veri toplama yöntemlerine göre, en pratik alternatiflerden biri olarak "Global Konum Belirleme Sistemi –Global Positioning System ( GPS )" benimsenmektedir. GPS 1990'lı yılların ortalarından itibaren güvenilirliğini ve sürekliliğini kanıtlamıştır (Yomralıoğlu vd. 2005 ).

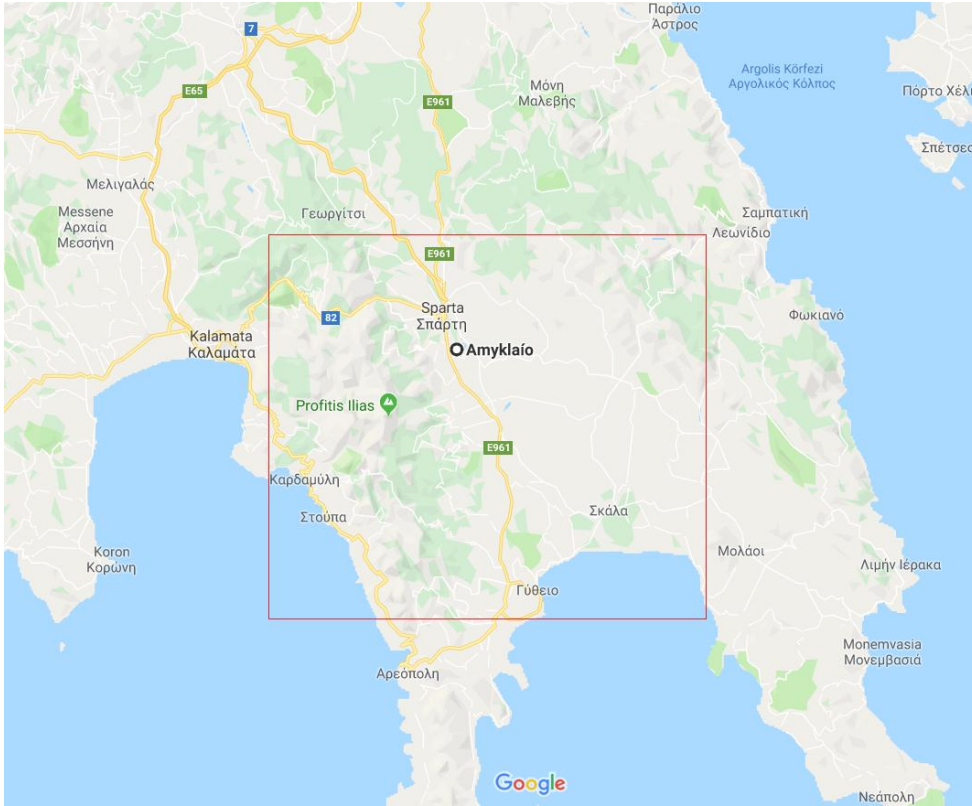
Arkeoloji doğası gereği bölgesel olarak arazi ile ilgilenen bir alan olduğundan, GIS, arkeolojik alan ve yerleşme süreci bilgilerinin hızlı haritalanması için mükemmel bir fırsat sunmaktadır. Dijital coğrafi veri tabanları, yer paylaşımı gibi basit araçlar ile kolayca erişilebilen ya da mekansal analizde kullanılan çok miktarda bilgi arşivlenmesine izin vermektedir ( McCool 2014).

### 2.3. Çalışma Alanı ve Tarihi

Sparta, Arkaik ve Klasik dönemlerde en önemli Yunan şehir devletlerinden biriydi ve askeri başarısı ile ünlüydü. Kendine özgü kırmızı pelerinler, uzun saçlar ve lambda sembolü kalkanları ile profesyonel ve iyi eğitilmiş Sparta askerleri muhtemelen Yunanistan'daki en iyi ve en korkulan savaşçılardı. Sparta, güneydoğu Mora'nın (Şekil 2.1.) Laconia'daki verimli Eurotas vadisinde yer alıyordu (Şekil 2.2) (Cartwright 2013).

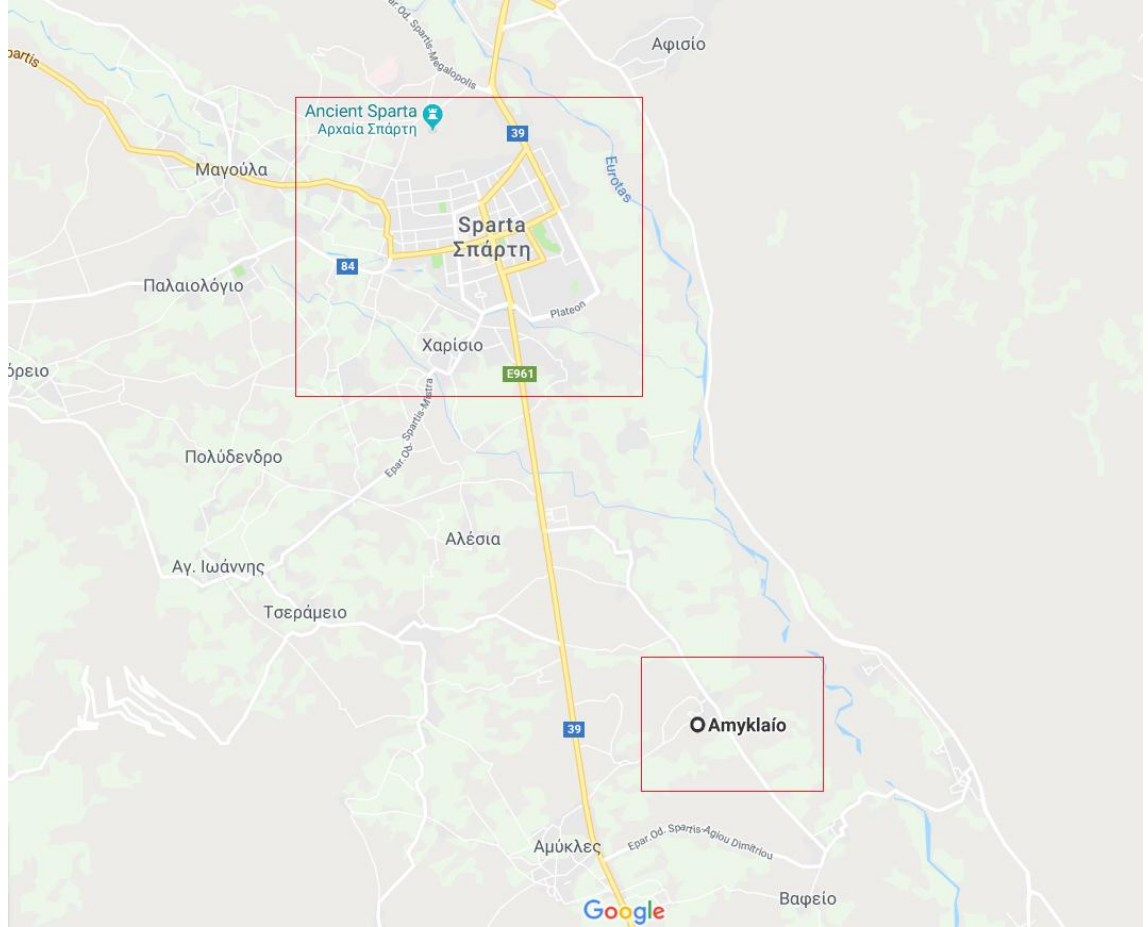


Şekil 2.1. Güneydoğu Mora / Sparta konumu (Google maps görüntüsü)



Şekil 2.2. Eurotas vadisi (Google maps görüntüsü)

Apollo Amyklai tapınağının bulunduğu Agia Kyriaki tepesi, Sparta'nın yaklaşık 5 km güneyinde yer almaktadır (Şekil 2.3.). Sparta ovasındaki, Amyklaion'da ilk yerleşim erken helladik dönemde başlamıştır (M.Ö. 2500-1900)(Vlivos, 2007).



**Şekil 2.3.** Sparta ve Amyklaion konum görüntüsü (Google maps görüntüsü)

Bölgede ilk çalışmalar 18. yüzyılda, en azından teorik düzeyde başlamıştı. 1830-1850 yılları arasında Wilhelm Leake, Agia Kyriaki kilisesinin yapıldığı alçak tepeyi, bir zamanlar Apollon tapınağı'nın bulunduğu yer olarak tanımladı. İlk kazılar 1890 yılında Christos Tsountas ve ekibi tarafından yapıldı. Tsountas'ın en önemli keşifleri arasında, bölge ve duvarlar ve tahtın temelleri olarak yorumladığı dairesel bir binanın kalıntıları vardı. 20. Yüzyılın ilk çeyreğinde kazıların ana hatları oluşmuş ve Amyklaion araştırmaları tam anlamıyla başlamıştır. Kutsal alan 1904 yılında Adolf Furtwängler'in gözetimi altında tekrardan kazılmaya başlamış ve sonrasında çalışmayı asistanı olan Ernst Fiechter devam ettirerek 1917'de ilgili araştırma sonuçlarını yayınlamıştır. 1925'te Ernst Buschor yönetimi altında Amykles tapınağı'nda üçüncü bir Alman kazısı başlatılmıştır. Günümüzde kazı alanındaki çalışmalar Asst.Prof. Stavros VLIZOS ve ekibi tarafından yürütülmektedir (Şekil 2.4.) (Anonymous 1).



**Şekil 2.4.** Amyklaion kazı alanı drone görüntüsü (Kazı ekibi arşivinden, 2014)

### **2.3.1. Amyklaionun tarihsel gelişimi**

Amyklaion tarih boyunca çeşitli evrelerden geçerek bir çok döneme ev sahipliği yapmıştır ( Şekil 2.5.). Hagia Kyriaki tepesi toplamda 4.5 dönümlük bir arazi boyutuna sahiptir.

“Amyklai I : Hagia Kyriaki tepesindeki en erken insan yerleşimi bölgede bulunan seramik eserlerden dolayı M.Ö. 3. Binlere yani Erken Helladik çağına tarihlenmektedir. Aynı zamanda tepenin tüm yüzeyinde depolama amaçlı kullanılan çukurlar tespit edilmiştir. Aynı zamanda bu tarz ana kayaya oyulan çukur ve benzeri yapıların ilk yerleşim meskenleri olabileceği düşünülmektedir.

Amyklaion I: Bulunan çok sayıda figür ve figürinden dolayı bu dönemde alanda dini etkinliğin başladığı veya ön planda olduğu düşünülmektedir. Mycenaean kutsal alanı, M.Ö. 13. yüzyılın ikinci yarısında kuruldu. ve 11. yüzyılın ikinci yarısına kadar başarılı olmaya devam etti.

Amyklaion II: Açık hava tapınağı bağlamında yapılan kült aktivite, Erken Demir Çağı'ndan geçerek Protogeometrik ve Geometrik zamanlara kadar devam etmiştir. Erken Demir Çağı'nda, Laconia bölgesinde bulunan Amyklai yerleşmesinin bölgede bulunan diğer yerlere nazaran daha önemli bir yere sahip olduğu Homerosun yazıtlarından anlaşılmaktadır.

Amyklaion III: Bölgenin anıtlaşması M.Ö. 8. Yüzyılın sonlarına ve M.Ö. 7. Yüzyılın başlarına doğru ilk peribolos istinat duvarı ve devasa kült heykelinin kurulmasıyla başlamıştır.

Amyklaion IV: Bölgenin ikinci anıtlaşma evresi M.Ö. 6. Yüzyıl civarında ritüellerin ve katılımların artmasından dolayı yaşanmış ve tapınak-thronos- dairesel sunak ve yeni peribolosdan (istinat duvarı) dolayı önde gelen, seçkin bir yer haline gelmiştir.

Amyklaion V: Peribolos üzerindeki izler, mimari elemanların parçaları ve tepenin kuzey ucundaki büyük bir yapının kalıntıları, klasik dönemlerden geç antik çağlara kadar (M.Ö. 5. yüzyıl - M.S. 5. yüzyıla ait) tapınakta inşaat faaliyetlerini kanıtlamaktadır.

Amyklaion VI: Bizans ve bizans sonrası dönemlerinde antik anıtların yıkıldığı ve tepenin mezarlık ve bir taş ocağı haline getirildiği gözlemlenmiştir. (M.S. 11. - 19. Yüzyıl .)

Amyklaion VII: Hagia Kyriaki kilisesinin, kutsal tepede M.S. 1800 yılından beridir var olduğu gözlemlenmiştir.” (Anonymous 2)

**Çizelge 2.1.** Amyklaion Kronolojisi (Anonymus 2)

Yerleşim Dönemi	Tarih
Amyklai I	M.Ö. 3. Binyıl
Amyklaion I – Amyklai II	M.Ö. 13. Yy’ın 2. Yarısı- M.Ö. 11. Yy’ın 2. yarısı
Amyklaion II	Erken Demir Çağı
Amyklaion III	M.Ö. 8. Yy- M.Ö. 7. Yy
Amyklaion IV	M.Ö. 6.yy
Amyklaion V	M.Ö. 5.yy- M.S. 5.yy
Amyklaion VI	M.S. 11.yy-M.S. 19.yy
Amyklaion VII	1800’ler



**Şekil 2.5.** Amyklaion hava fotoğrafı üzerine yapılan tarih/grid entegrasyonu. Kırmızı : Erken Helenik II, Mavi : Geometrik Dönem, Turuncu : Arkaik , Yeşil : Geç Roma, Mor : Erken Bizans, Kahverengi : Orta Bizans, Siyah : Geç Bizans, Sarı : Bizans sonrası (Amyklaion kazı ekibi arşivinden)

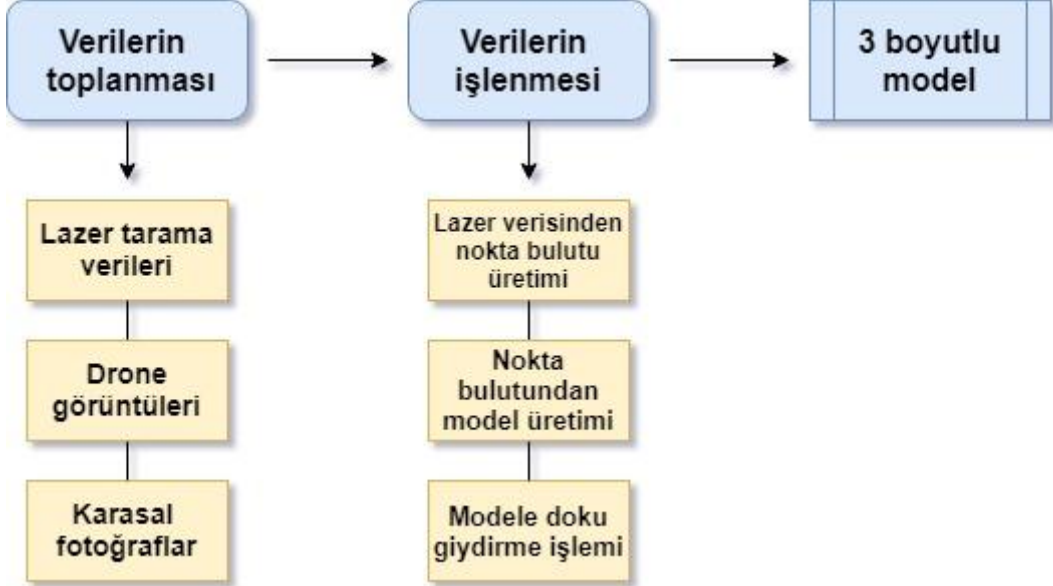
Amyklaion'daki yeni kazı ve araştırma faaliyetlerinde, 2005-2010 yılları arasında, Agia Kyriaki tepesinin yüzeyinin yaklaşık %50'si incelenmiştir. 2010 yılında yapılan çalışmaların sonuçlarına göre, tepedeki en eski insan varlığı-büyük olasılıkla Erken Helladic dönemine (EHII) tarihlendirilmiştir. Tepenin yüzeyindeki sığ yuvarlak çukurlar ile büyük miktarda EHII çanak çömleği, Orta Helladic (MH) Minyan eşyası ve obsidiyen parçalarının bu dönemde kırsal bir toplulukla ilişkilendirilmesi mümkün görünmektedir (Vlivos 2012).



### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Uzaktan Algılama

Kazı alanının uzaktan algılama çalışmalarında lazer taraması ve drone görüntüleri gibi jeodezik verilerden yararlanılarak alanın 3D belgelerini elde etmek için belirli adımlar izlenmiştir (Şekil 3.1.)



Şekil 3.1. Uzaktan algılama çalışmalarının iş akış şeması

##### 3.1.1. Veri toplama

Çalışmada ilk olarak bölgenin önceki yıllarda lazer tarama aletleri ile toplanmış lazer tarama verileri kullanılarak önemli yapıların üç boyutlu modelleri elde edilmiştir. Verileri toplamak için bir Leica Scanstation 2 lazer tarayıcısı kullanılmıştır. Bu tarayıcı geniş bir görüş alanı (360 H x 320 V) ve milimetrik çözünürlük ve doğrulukla saniyede maksimum 1 milyon nokta elde etmeyi sağlamaktadır. 2015 yılında 13 tarama ve 2017 yılında 25 tarama yapılarak toplamda elde edilen nokta sayısı yaklaşık 100 milyon'a ulaşmıştır. İlk taramalar alanın genel görüntüsünü ortaya çıkarmak için yapılırken sonraki taramalar yapıların ayrıntılarını elde etmek için belirlenen önemli noktalarda yapılmıştır. Bu sayede 3D modeller için gerekli nokta bulutları elde edilmiştir (Vlizon vd. 2018).

Lazer tarama verilerine ek olarak oluşturulan 3 boyutlu modellere doku giydirilmesinin yapılması için kazı alanının 2015 ve 2017 yıllarına ait drone görüntüleri de çalışmada kullanılmıştır.

Uçuş süresi bazlı (ToF) lazer tarayıcısı, bir nesneye doğru bir lazer ışını gönderir ve daha sonra, tarayıcı ile nesne arasındaki mesafe, iletilen ve yansıtılan sinyalin uçuş süresi veya iletilen ve yansıtılan sinyalin faz farkı kullanılarak hesaplanır (Barsanti vd. 2012).

Karasal lazer tarayıcılar son derece otomatik motorlu toplama istasyonu olarak kabul edilebilir. Bununla birlikte, toplama istasyonlarının aksine, operatör doğrudan incelenecek noktaları seçtiğinde, lazer tarayıcılar rastgele olarak yoğun bir nokta kümesi elde eder. Operatör, yalnızca elde etmek istediği nesnenin bölümünü ve taramada istediği noktaların yoğunluğunu seçer (genellikle taramanın dikey ve yatay düzlemlerdeki açışal adımı operatör tarafından seçilebilir). Bu ilk değerler seçildikten sonra, toplama tamamen otomatiktir. Lazer taramasının sonucunda çok yoğun bir nokta bulutu elde edilir. Modelin her noktası için, X, Y ve Z koordinatları ve yansıtma değeri bilinmektedir (Bornaz vd. 2004).

Mimari fotogrametri, binaların doğru ve ölçeklendirilmiş dokümantasyonu için büyük bir role sahiptir. Fotogrametrik ve lazer tarama sistemlerinin geliştirilmesi ile, ortofoto, dijital arazi modelleri oluşturulması hızlı, doğru ve ekonomik hale gelmiştir (Demir vd. 2004).

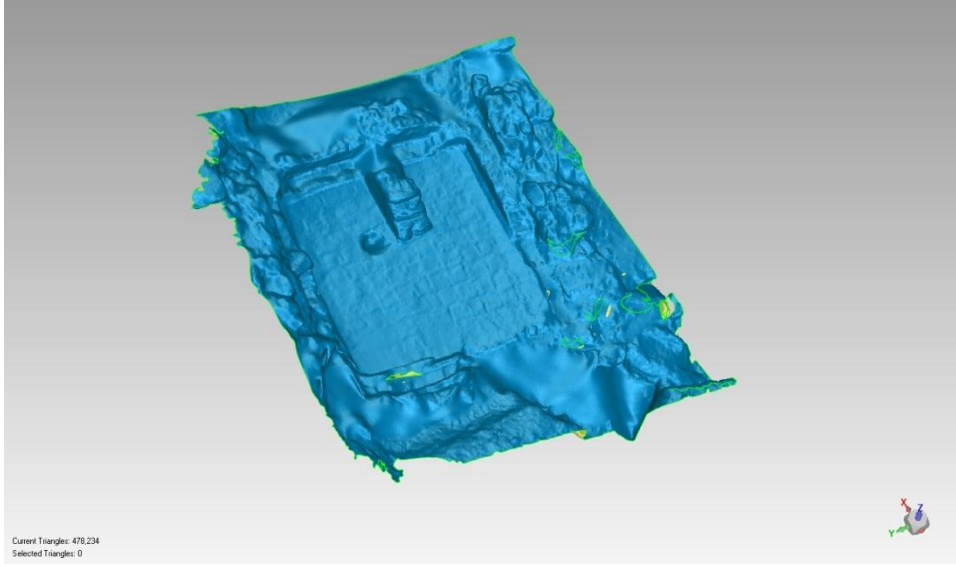
### 3.1.2. Veri işleme

İlk adım olarak, Cyclone yazılımında çalışmak istenilen alanların nokta bulutları seçilerek “.pts” uzantısı ile dışa aktarılmıştır. Bu dosya Geomagic Studio'ya eklenerek, nesnenin geometrisi görselleştirilmiş ve “Shading/Shade Points” komutuyla Nokta Bulutunun rengi artırılmıştır. Lazer tarama verilerinin işlenmesinde “Geomagic Wrap” yazılımı kullanılmıştır.

Bir nokta bulutu (yapılandırılmamış veri) mevcut olduğunda, incelenen nesnenin veya sahnenin en iyi dijital modelini üretmek için çokgen bir modelin (yapılandırılmış verilerin) üretilmesi gerekir. Genel olarak seyrek nokta bulutları ile tanımlanan mimari sahneler ve nesnelere için, bir örgü modeli üretilmeden önce bir segmentasyon ve yapılandırma aşaması gereklidir (Remondino ve Rizzi 2010).

Bahsedilen nokta bulutu halindeki bu veriler Geomagic Wrap yazılımı ile çeşitli işlemlerden geçirilerek model haline getirilmiştir (Şekil 3.2.).

Öncelikle gürültüyü giderme ile birleştirilmiş bulut noktalarının deliklerini yani veri elde edilemeyen, boşluk olarak kalan bölümleri kapatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından gereksiz bilgiler, yani ilgilenilen yüzeyin modellenmesi için gerekmeyen, model ile alakasız bölümler çıkartılmıştır. Nesnenin performansı ve gürültü unsurları için gerekli olmayan elemanları çıkartıldıktan sonra, ilk bulut noktasının boyutu, orijinal olana göre önemli ölçüde azaltılabilir. Gürültü giderildikten sonra, modelin iç ve dış tarafını eşleştirmek için “Flip Normals” komutu uygulanmıştır. Aynı zamanda, bazı yerlerde nesnenin yapısında delikler olduğu için modelleme eksikliği vardır. Bunları düzeltmek için “Menu/Fill Holes” komutu ile bir dizi işlem gerçekleştirilmiştir. Özellikle, boşlukları nispeten düz yüzeylerde doldurmak için, “Flat/Complete” parametrelerini seçerek “Fill Single” komutu kullanılmıştır. Devamında “Mesh Doctor” aracılığıyla nokta bulutu istenilen modele dönüştürülmüş ve gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Ağın yoğunluğunun yüzeyin karmaşıklığına bağlı olduğuna dikkat etmek gerekir.



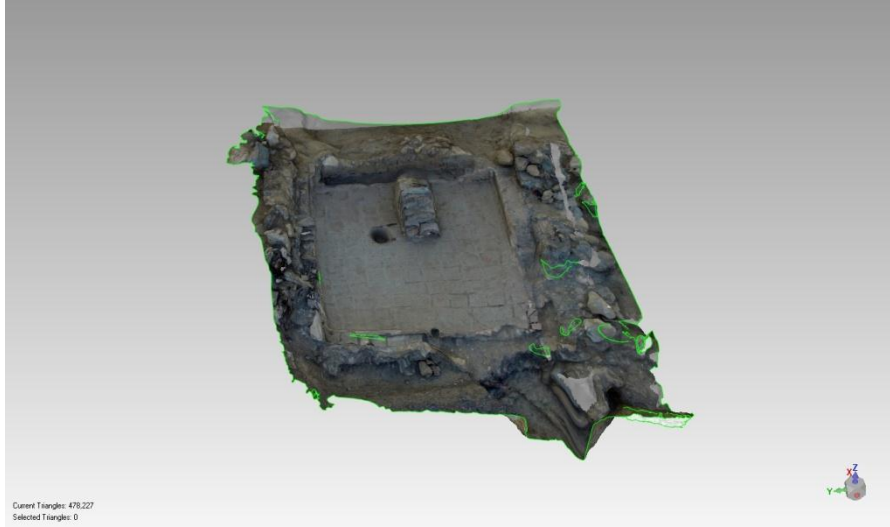
**Şekil 3.2.** Ağ model

Lazer tarama verileri fotogrametrideki gibi renk/grafik içeriğine sahip olmadığı için eğer ki gerekli ise model oluşturulduktan sonra havasal ve yersel fotoğraflar yardımı ile modele doku giydirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple model oluşturulduktan sonra önceki yıllarda arkeologların yerden ve drone yardımı ile havadan aldığı fotoğraflar kullanılarak, aşağıdaki adımlar izlenerek modeller renkli hale getirilmiştir.

Geomagic Wrap 2017 de Ağ hazırlandıktan sonra;

- Tools / Texture Mapping / Generate texture map
- Tools / Texture mapping / Project image

işlemleri kullanılarak sonrasında “Load” butonundan ağ üzerine yapıştırılacak fotoğraf seçilmiştir. Daha sonra ekrandaki ağ ve fotoğraf üzerinden aynı noktalar seçilmesi gerekmektedir. Nokta sayısı arttıkça doğruluk payı yükselmektedir. Yeterli nokta seçildikten sonra “Register” butonuna basılarak doğruluk kontrol edilir. Nokta sayısı yetersiz ise nokta sayısı artırılarak işlem tekrarlanır. Ağ ve Fotoğraf istenildiği gibi üst üste bindiği takdirde “Apply” butonu kullanılarak model kaydedilir ( Şekil 3.3.).

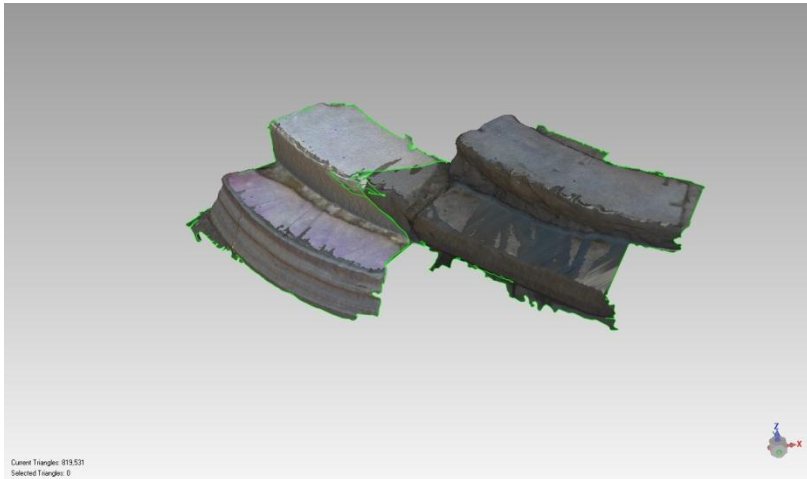


**Şekil 3.3.** Ağ modele hava fotoğrafı ile doku giydirilmesi sonrası oluşan model

Lazer tarama hızlı ve etkili bir yöntemdir. Aynı zamanda fotogrametri ile karşılaştırdığımızda doğruluk payı daha yüksektir. Ancak hem pahalı hem de uzmanlık gerektiren aletlere sahiptir. Aynı zamanda daha önce de bahsettiğimiz gibi model oluşturulurken modele grafik/renk eklemek için ekstra olarak fotoğraflara ihtiyacınız vardır. Fotogrametri ise lazere oranla doğruluk payı biraz daha düşük ancak tek bir fotoğraf makinası ile kullanabileceğiniz bir yöntemdir. Model fotoğraflardan oluşturulduğu için lazerdeki gibi grafik/renk ihtiyacı için ek olarak fotoğrafa gerek duyulmamaktadır.

### 3.1.3. 3D model

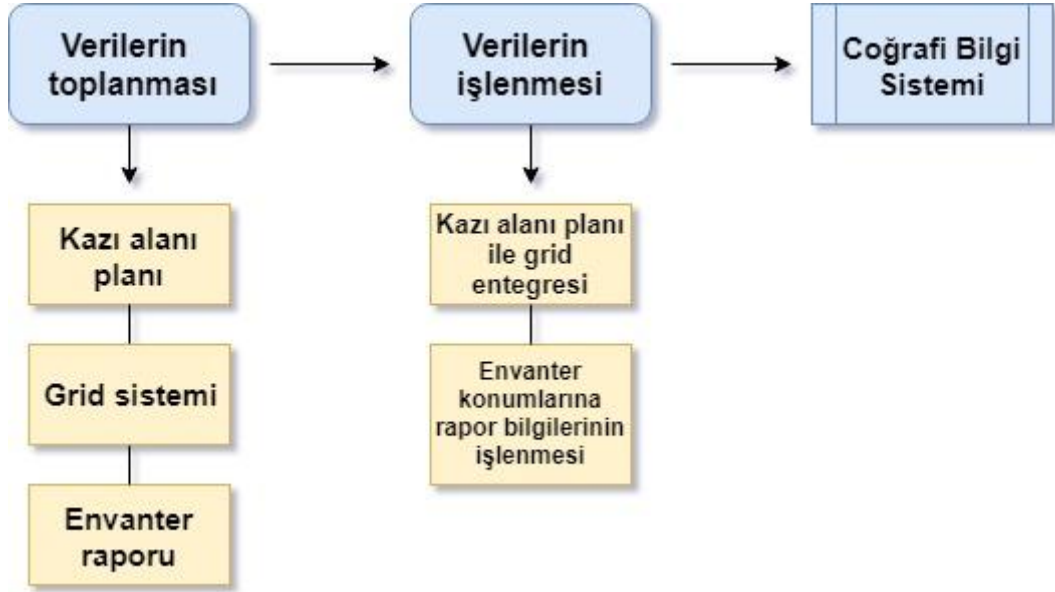
Sonuç olarak tüm bu işlemlerden geçen lazer tarama verileri, renkli üç boyutlu modellere dönüştürülmüş ve arkeologlar tarafından arşivlenebilir, kolayca incelenebilir ve gerekli çalışmaları gerçekleştirmeye uygun hale getirilmiştir (Şekil 3.4.).



**Şekil 3.4.** 3D model örneği

### 3.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Uzaktan algılama çalışmalarına ek olarak bölgede aynı zamanda coğrafi bilgi sistemlerinden de faydalanılmıştır. Bu çalışmadaki amaç arkeologların yapmış olduğu kazı çalışmalarında elde ettikleri arkeolojik buluntuları kolayca arşivleyebileceği ve istedikleri zaman hızlı ve pratik bir şekilde arşivlenen verilere ulaşabilecekleri bir sistem oluşturmaktır. Yapılan çalışmalarda izlenen adımlar ve kullanılan veriler iş akış şemasında gösterilmiştir (Şekil 3.5.)



Şekil 3.5. Coğrafi bilgi sistemleri çalışmalarının iş akış şeması

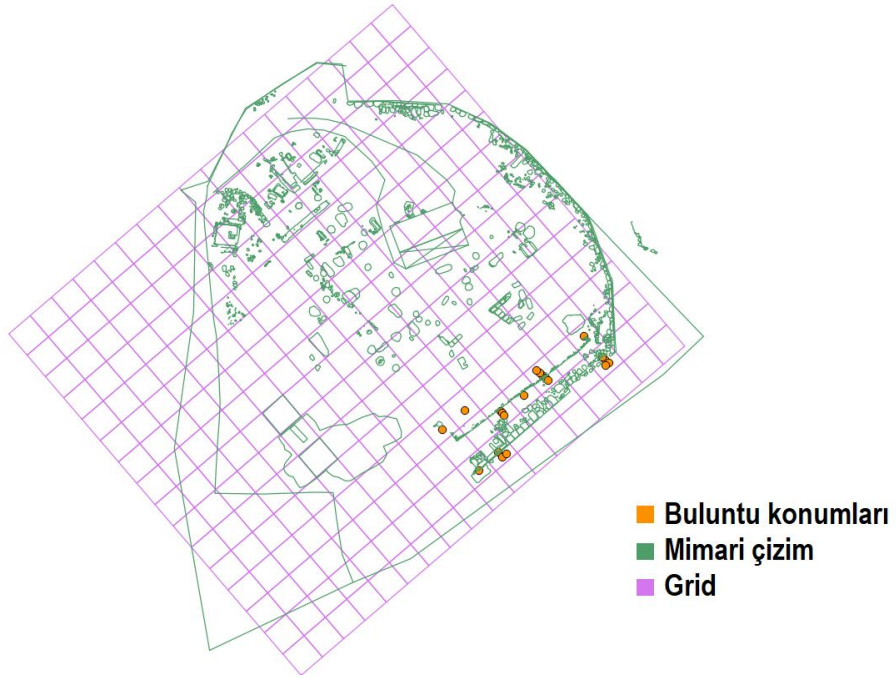
#### 3.2.1. Veri toplama

Yapılan çalışmada arkeologların süregelen kazı sezonları boyunca oluşturmuş olduğu sayısallaştırılmış kazı haritasına ek olarak hazırlanmış olan grid çizimi ve kazı ekibi tarafından 2007 ve 2008 yıllarında kayıt edilmiş olan buluntu raporları kullanılmıştır. Hazırlanan bilgi sistemine aynı zamanda buluntu fotoğrafları eklenerek görsel açıdan zenginleştirilmiştir.

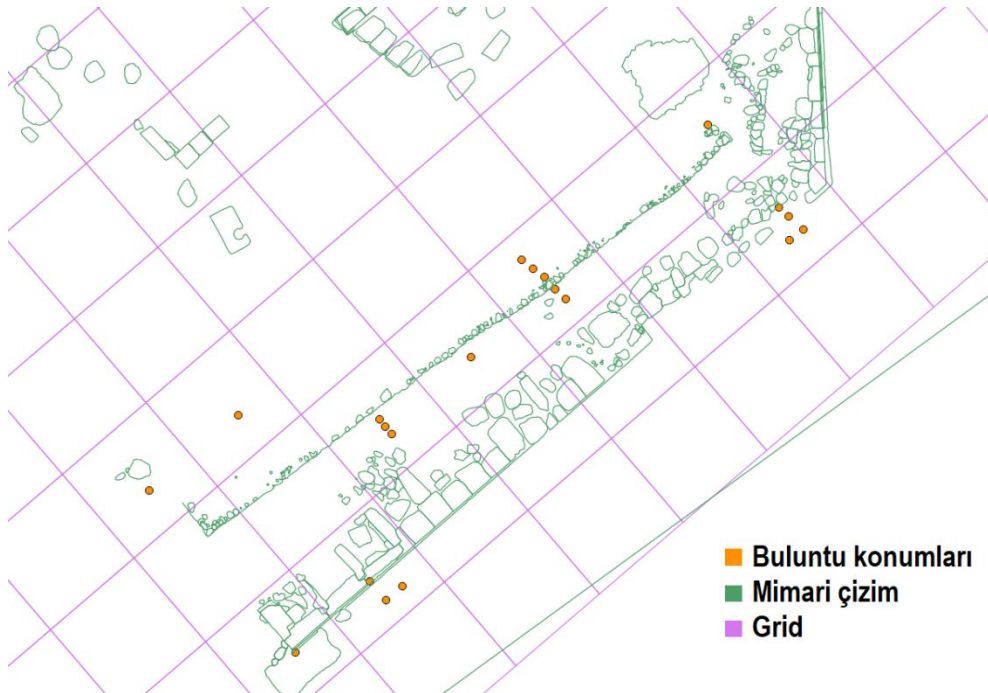
#### 3.2.2. Veri işleme

Qgis yazılımı kullanılarak kazı alanına ait olan sayısallaştırılmış harita üzerinde arkeologların işlerini kolaylaştıracağı düşünülen grid/buluntu eşleştirmesi yapılmıştır. (Şekil 3.6.).

Düzenlenen 5x5 grid, alanın harita çizimi üzerine yerleştirilmiştir. Haritanın belli bir bölümünde yapılan bu çalışmada grid içerisinde kalan açmaların 2007 ve 2008 yıllarına ait raporlarla eşleştirmeleri yapılmıştır. Bu sayede kazı envanterinde görünen, bulunmuş bir eserin açmada nereye denk geldiği tahmini olarak grid üzerinde işaretlenmiştir ( Şekil 3.7.).



Şekil 3.6. Kazı alanı planı, grid sistemi ve buluntu konumları birlikte gösterimi



Şekil 3.7. Kazı alanı planı, grid sistemi ve buluntu konumları yakın gösterimi

Sistem, bölgede çalışan arkeologların önceki yıllardan hazırladığı envanter raporlarından alınan bilgiler sayesinde işaretlenen noktalar seçildiğinde bize o eserin tarihi, dönemi, stili, türü, rengi, boyutu, şekli ve fotoğrafı gibi özelliklerini gösterecek şekilde hazırlanmıştır (Şekil 3.8.). Bu sayede arkeologların işlerini kolaylaştırarak istedikleri an bu kayıtlara ulaşabilmesi ve bu sayede işlerinin pratikleşmesi ve hızlandırılması amaçlanmıştır.

Çalışmada seramik eserlere ait bilgiler kullanılmıştır. Bu sebeple bilgi olarak seramik tipi, arşivdeki fotoğraf numarası, bulunduğu kategori, rengi, üzerindeki işlemlerin ayrıntıları, uzunluğu, grid numarası, ortaya çıkartıldığı tarih, fotoğraf ve arkeologların yorumları gibi sekmeler bulunmaktadır. Bu sekmeler coğrafi bilgi sistemlerine girilen eserin türüne göre değiştirilerek farklı şekillerde kategorize edilebilir, arşiv sistemi arkeologlar tarafından istenildiği gibi şekillendirilebilir.

Inv	AM/P43
Key	p43
Category	object
S.Category	small_finding
Item	FEMALE IDOL/FIGURINE
Texture	FINE, SEVERAL DARK COLOURED FRAGMENTS, MINIMAL AMOUNT OF SILVER MICA
Color	5YR 6/6
Coating	10YR 7/4
Glaze	RED
Descript.	ST AND FOLLOW THE MOVEMENT OF THE ARMS, TWO THIN HORIZONTAL LINES ON THE NECK
Comments	NULL
Preserv.	FADED GLAZING, FRACTURED FACE, SEVERE FRACTURE IN THE BASE
Height	10
Straigraph	OM1
Grid	C2-3
Chrono.	MYCENAEAN
Exc.Date	31.08.2007

Photo

Şekil 3.8. Plan ve buluntu entegresi bilgi ekranı

### 3.2.3. Coğrafi bilgi sistemi

Hazırlanan sistemde kolay bir şekilde envanter sorgulaması yapılabilir ve aynı zamanda bilgileri girilmiş olan envanterlerin sorgulaması istenilen kategorilerde gerçekleştirilebilir. İşleri hızlandıracak olan coğrafi bilgi sistemi yazılımın uzmanı olmayan kişiler tarafından da kolayca incelenebilmektedir.



#### 4. BULGULAR

Alanda 2015 ve 2017 yıllarında yapılan lazer tarama çalışması ile model oluşturmak için gerekli olan veriler elde edilmiştir (Şekil 4.1.). Verilerinden alınan nokta bulutları gerekli yazılımlar ile işlenip ağ model haline getirilmiştir. Lazer tarama verilerinde renk verisi olmadığı için bu ağ modelleri fotoğraflar ile birleştirilmiştir. Kazı çalışmaları sırasında drone ile alınan hava görüntülerinin yanı sıra (Şekil 4.2.) aynı zamanda profesyonel kamera ile çekilmiş birkaç yer fotoğrafı GeomagicWrap yazılımı kullanılarak üst üste bindirilmiş ve fotoğraflar ağ modellere giydirilmiştir. Bu sayede kazı alanının ortaya çıkartılan belirli açmalarının 3D modelleri oluşturulmuştur.



**Şekil 4.1.** Amyklaion kazı alanı lazer tarama çalışması (Amyklaion kazı ekibi arşivinden)



**Şekil 4.2.** Amyklaion kazı alanı drone görüntüsü (Amyklaion kazı ekibi arşivinden)

Modellerde veri kaybı yaşanmaması için yüksek çözünürlüklü, kaliteli fotoğraflar kullanılmalı ve aynı zamanda Ağ üzerindeki iyileştirme çalışmalarının iyi yapılması gerekmektedir.

Kazı ekibinin önceki yıllarda çizmiş olduğu kazı alanı haritası ise 5x5 gridlere bölünerek daha kullanışlı ve pratik bir hale getirilmiştir. Daha sonra bu gridler üzerinde belirlenen açmalarda örnek bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada kazıya ait buluntuların tahmini yerleri gridler üzerinde noktasal olarak işaretlenmiş ve bu noktalara envanter bilgileri girilmiştir. Bu sayede kazı döneminde gerekli raporlar tutulduğu takdirde, ileriye dönük çalışmalar için arkeologların kolayca ulaşabileceği ve güncelleyebileceği bir veritabanı haline getirilmiştir. Aynı zamanda internet ortamına aktarılması halinde akademiden bağımsız kişilerin de internet sitesi üzerinde incelemeler yapmasına olanak sağlamak ta mümkündür.

Kazı alanında belirlenen açmaların çizimlerine toplamda 14 adet buluntu noktasal olarak işlenmiştir. İşlenen bu noktalara boyut, renk, buluntu tarihi, buluntu tipi, grid gibi farklı kategorilerde toplamda 18 ayrı bilgi girilmiştir. Ayrıca 5 adet noktaya ait fotoğraf eklenmiştir ve bu sayede sistem üzerinde seçilen noktanın bilgilerine ek olarak aynı zamanda noktaya işlenen buluntunun fotoğrafı da görüntülenebilir hale getirilmiştir. Oluşturulan CBS sistemi aynı zamanda sorgulama yapma imkanı da sağlamaktadır. Sorgulama ekranından, sisteme girilen kategoriler kullanılarak buluntuları istediğimiz kategoride sınıflandırabilmemiz mümkündür (Şekil 4.3.).

The image displays two screenshots of a data management interface, likely a database or spreadsheet application, showing filtering operations.

**Top Screenshot: Filtering by Height and Grid**

The main table shows columns: Inv, Key, Category, S.Category, Item, Texture, Color, Coating, Glaze, Description, Name, Preservation, Height, Straigraph, Grid, Chrono, Exc.Date, Photo. The 'Height' and 'Grid' columns are highlighted with red boxes. The filter expression is: `"Height" < '3,1' and "Grid" = 'B6'`. The resulting data rows are:

Inv	Key	Category	S.Category	Item	Texture	Color	Coating	Glaze	Description	Name	Preservation	Height	Straigraph	Grid	Chrono	Exc.Date	Photo
AM/P10	p10	object	small_finding	BOD...	FINE	10YR 6/4	10Y...	BLACK	HORI...	ex...	PEEL...	5,5	OM2	B5-B6	LG	29.08.2008	E:\...
AM/P2	p2	object	small_finding	SPIN...	FINE ...	5YR 6/6		BLACK	VER...		SEVE...	2,4	OM1	B4	PG	15.09.2008	
AM/P3	p3	object	small_finding	SPIN...	FINE	7,5YR 7/4		BLACK	POS...		FADED	1,7	OM1	B6	PG	22.09.2008	
AM/P4	p4	object	small_finding	SPIN...	FINE	7,5YR 7/4		BLACK	VER...		PEELL...	1,9	OM1	B4	PG	15.09.2008	
AM/P43	p43	object	small_finding	FEM...	FINE, ...	5YR 6/6	10Y...	RED	FEM...		FADE...	10	OM1	C2-3	MY...	31.08.2007	E:/...
AM/P45	p45	object	small_finding	SPIN...	FINE, ...	7,5YR 5/2		BLACK	MON...	MA...	FADE...	2,3	OM1	A8-A3	PG	17.09.2007	E:\...
AM/P46	p46	object	small_finding	IDOL...	FINE, ...	2,5YR ...	2,5...	RED, ...	IMA...		MAN...	2,8	OM1	A8-A3	AR...	17.09.2007	E:\...
AM/P6	p6	object	small_finding	BOD...	FINE	10YR 7/4	10Y...	BLACK	HORI...		FRAC...	3,1	OM1	B6	LG ...	26.08.2008	E:\...
AM/P7	p7	object	small_finding	BOD...	FINE	5YR 7/6		BLACK	TRIA...			3,4	OM1	B6	EG...	1.01.2008	
AM/P8	p8	object	small_finding	BOD...	FINE	NULL10...	10Y...	BLACK	HORI...	ex...	FRAC...	2,0	OM1	B8	LG	4.09.2008	
AM/P9	p9	object	small_finding	BOD...	FINE	7,5YR 6/4	10Y...	BLACK	PATT...		FRAC...	4,2	OM1	A8-A3	LG	17.09.2007	

**Bottom Screenshot: Filtering by Exc.Date and S.Category**

The main table shows columns: Inv, Key, Category, S.Category, Item, Texture, Color, Coating, Glaze, Description, Name, Preservation, Height, Straigraph, Grid, Chrono, Exc.Date, Photo. The 'S.Category' and 'Exc.Date' columns are highlighted with red boxes. The filter expression is: `"Exc.Date" = '15.09.2008' and "S.Category" = 'small_finding'`. The resulting data rows are:

Inv	Key	Category	S.Category	Item	Texture	Color	Coating	Glaze	Description	Name	Preservation	Height	Straigraph	Grid	Chrono	Exc.Date	Photo
AM/P1	p1	object	small_finding	SPIN...	FINE	7,5YR 6/4		BLACK	SUP...		FRAC...	2,8	OM1	B6	PG	26.08.2008	E:\...
AM/P10	p10	object	small_finding	BOD...	FINE	10YR 6/4	10Y...	BLACK	HORI...	ex...	PEEL...	5,5	OM2	B5-B6	LG	29.08.2008	
AM/P2	p2	object	small_finding	SPIN...	FINE ...	5YR 6/6		BLACK	VER...		SEVE...	2,4	OM1	B4	PG	15.09.2008	
AM/P24	p24	object	small_finding	SPIN...	FINE, ...					MA...		2,5	OM1	A2-A8	[P...	10.09.2007	
AM/P3	p3	object	small_finding	SPIN...	FINE	7,5YR 7/4		BLACK	POS...		FADED	1,7	OM1	B6	PG	22.09.2008	
AM/P38	p38	object	small_finding	FOO...	FINE, ...	2,5Y 7/3				PE...	SOM...	5,2	OM1	B4	MY...		E:\...
AM/P4	p4	object	small_finding	SPIN...	FINE	7,5YR 7/4		BLACK	VER...		PEELL...	1,9	OM1	B4	PG	15.09.2008	
AM/P43	p43	object	small_finding	FEM...	FINE, ...	5YR 6/6	10Y...	RED	FEM...		FADE...	10	OM1	C2-3	MY...	31.08.2007	E:/...
AM/P45	p45	object	small_finding	SPIN...	FINE, ...	7,5YR 5/2		BLACK	MON...	MA...	FADE...	2,3	OM1	A8-A3	PG	17.09.2007	E:\...
AM/P46	p46	object	small_finding	IDOL...	FINE, ...	2,5YR ...	2,5...	RED, ...	IMA...		MAN...	2,8	OM1	A8-A3	AR...	17.09.2007	E:\...
AM/P6	p6	object	small_finding	BOD...	FINE	10YR 7/4	10Y...	BLACK	HORI...		FRAC...	3,1	OM1	B6	LG ...	26.08.2008	E:\...
AM/P7	p7	object	small_finding	BOD...	FINE	5YR 7/6		BLACK	TRIA...			3,4	OM1	B6	EG...	1.01.2008	
AM/P8	p8	object	small_finding	BOD...	FINE	NULL10...	10Y...	BLACK	HORI...	ex...	FRAC...	2,0	OM1	B8	LG	4.09.2008	
AM/P9	p9	object	small_finding	BOD...	FINE	7,5YR 6/4	10Y...	BLACK	PATT...		FRAC...	4,2	OM1	A8-A3	LG	17.09.2007	

Şekil 4.3. Sistemde yapılan sorgulama örnekleri

Sınıflandırılan buluntuları çizim üzerinde görüntüleyebilir ve farklı kaydet seçeneği ile sınıflandırılan öğeler ana çalışmadan ayrılarak kaydedilebilir. Bu sayede envantere bulunan ve sisteme girilmiş olan buluntulara kolayca ulaşabilir ve istenilen kategoride incelemesi yapılabilir.

Bu sistemin en sağlıklı haline ulaşılabilmesi için arkeologlar kazı çalışmaları sırasında çıkartılan esenlerin yer tespitini en iyi şekilde yapmalı ve raporlara en iyi şekilde işlemelidir. Bu sayede hata payı en aza düşürülecektir.

Jeodezik tekniklerin kullanımı, metrik ürünleri üretmek için gerekli doğruluk ve ayrıntılı bilgileri sunmaktadır. Bu çalışmada, yersel lazer verileri ve görüntülerin bir kombinasyonu kullanılmıştır. Yersel lazer taraması veri toplamada doğrudan veri işleme için zaman ve deneyim gerektirmektedir. Farklı geometrik detaylar elde etmek ve modelleme için daha doğru ve eksiksiz bir geometrik ölçüm elde etmek için, diğer veri türlerinden de faydalanmak çalışmanın yararına olacaktır (Vlivos vd. 2018).

Yapılan bütün çalışmalar bilgisayar ortamında rahat bir şekilde ulaşılabilir halde olacağı için gelecekte yapılacak yeni çalışmalar, kağıt üzerinde yapılan çalışmalara nazaran çok daha kolay bir şekilde birleştirilebilir, karşılaştırması yapılabilir, gerekli analizler uygulanabilir.

## 5. TARTIŞMA

İçinde bulunduğumuz bilgi çağında, multidisipliner bilimlerin her geçen gün önemini artırmaktadır. Bilim dallarının birbirleri ile iletişim içerisinde olması problemlere daha kolay ve sağlıklı çözümler bulunabilmesinin önünü açmaktadır. Arkeoloji geniş bir araştırma alanına sahip bir bilim dalı olması nedeniyle sürekli diğer bilim dalları ile etkileşim içindedir. Uzaktan Algılama ve CBS araştırmalarının arkeolojide kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Yunanistan'ın Sparta bölgesinin dünya arkeolojisi açısından önemi tartışmasıdır. Bu yüzden bu bölgede yapılacak her türlü çalışma kültürel tarih mirasına katkı sağlamaktadır.

Antik kentlerin ve arkeolojik kazı alanlarının 3 boyutlu olarak modellenmesi arkeologların işini büyük ölçüde kolaylaştırması açısından büyük bir öneme sahiptir. Amyklaion Antik kentinde yürütülen bu çalışmada da arkeolojik kazı alanının ve bu alandaki mimari buluntuların 3D modellenmesi yapılmış olup kazı araştırmaları için önem teşkil eden veriler elde edilmiştir. Ayrıca Amyklaion Antik Kenti'nde sürdürülen kazı çalışmalarında ele geçen buluntuların envanterinin CBS ortamına aktarılması ve bir veri tabanı oluşturulmasıyla, bu buluntulardan elde edilecek verilerin analizi kolaylaşmıştır.

Gelecekte bu tarz çalışmaların daha fazla yapılması ile arkeoloji biliminin dünya kültür mirasına sunacağı katkılar doğru orantılı olarak artacaktır.

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmanın sonucunda arkeolojik alanlarda uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımının hız, pratiklik ve daha net sonuç alımı konusunda ne kadar faydalı olabileceği gözlemlenmiştir. Çalışmada Lazer tarama verileri, hava ve yerden çekilmiş fotoğraflar ile birleştirilerek 3D modeller haline getirilmiş aynı zamanda eski kazı bulgu raporları ve kazı alanı çizimleri coğrafi bilgi sistemleri ile birleştirilerek arkeologlara zaman kazandıracak ve çalışmalarını daha pratik hale getirecek bir çalışma örneği üretilmiştir.

Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yıllardır bir çok alanda sivil halka ve bilime yardım etmiş, insanlığın hayatını kolaylaştıran bir çok teknolojik gelişmeden birisi haline gelmiştir. Ziraat, çevre mühendisliği, ormancılık, şehircilik, kıyı mühendisliği, arkeoloji, jeoloji ve daha bir çok alanda yarattığı kolaylık, büyük veya küçük ölçekli harita çizimi, harita tasarımı, GPS ölçümleri, kara ve demiryolu gibi ulaşım yapılarının, su nakil, enerji hatlarının altyapısında ve bunlar gibi daha bir çok alanda insanlığın işlerini kolaylaştırması, hızlandırması ve istenildiğinde bütün bu bilgileri internet ortamına aktarılması uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin bize sağladığı katkıları özetlemektedir.

Arkeoloji, teknoloji ne kadar gelişirse gelişsin, arazide bazı klasik kazı tekniklerine bağlı kalmak zorundadır. Ancak bu işleri kolaylaştırmak için teknolojiden yararlanamayacağı anlamına gelmemektedir. Asıl sorun arkeolojinin mevsim olarak “yaz” odaklı bir çalışma süresi darlığı olmasıdır. Bütün yıl sürececek bir çalışma aralığına sahip olmadığı, genel olarak yazları çalışıldığı için diğer bilimlere oranla aldığı ödenekler de daha azdır. Bu nedenle daha az ödenek ile kısa sürede daha çok iş yapmaya çalışılmaktadır.

Bu sebeple, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin arkeoloji bilimine katkılarını ve önemini gösterebilmek için bu konuda daha fazla çalışmalar yapmalı ve aslında işleri ne kadar pratikleştirdiği, hızlandırdığı ve elektronik ortamda birçok alanda daha hızlı bir şekilde kullanılabilirdiği gösterilmelidir. Örnek vermek gerekirse normal şartlarda klasik çizim teknikleri ile birkaç ay hatta belki birkaç sezon sürececek bir kazı alanı haritalandırması/planı uzaktan algılama ve CBS desteği ile birkaç haftada hazırlanabilir. Bu amacın bir parçası olabilmek adına bu çalışmada Yunanistan / Sparta’da bulunan Amyklaion antik bölgesinde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri çalışmaları yapılmıştır. Çalışmada bölgede yıllardır süregelen kazı çalışmalarına ait kazısı tamamlanmış mimari yapıların önceki yıllardan elde edilen lazer tarama verileri kullanılarak üç boyutlu modelleri oluşturulmuş, aynı zamanda bölgenin arkeologlar tarafından çizilen ve sayısallaştırılan harita/planı altlık olarak kullanılarak bir grid sistemi oluşturmuş ve kazıda açığa çıkartılan esenlerin buluntu yeri, tarihi, cinsi, tarihi bilgisi ve fotoğrafi gibi bilgileri bu grid sistemine noktasal olarak entegre edilmiştir.

Kültürel miraslar her zaman milletlerin geçmişine ışık tutmuş ve bu yüzden önemli bir yere sahip olmuştur. Bu sebeple arkeolojik çalışmalar insanların geçmişine dair bilgilere sahip olmaları için en güçlü kaynak konumundadır. Bu kadar önemli bir bilimin teknolojiden uzak bir şekilde gelişim göstermesi düşünülemez. Diğer bilimlere kıyasla daha geleneksel tekniklere ve yöntemlere sahip olan arkeoloji bilimi teknoloji

ile daha da gelişerek zamanla yeni teknikler ve yöntemler geliştirmiş ve bu teknik ve yöntemler sayesinde çalışmalarını güçlendirmiş ve hızlandırmıştır.

Bu çalışmada bahsedilen bu teknolojik gelişmelerden biri olan uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin arkeolojik alanlardaki kullanımını üzerine denemeler yapılmıştır. Yunanistanın Sparta bölgesindeki Amyklaion kutsal alanında yapılan uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri çalışmaları bize arkeoloji çalışmalarını daha kolay ve etkili bir hale getirme konusunda yardımcı olmuştur. Yapılan 3D modelleme ve CBS çalışmaları sayesinde modelleme, arşivleme, envanter oluşturma ve oluşturulan bu verilere kolayca ulaşma açısından teknolojinin arkeologların işlerini ne kadar kolaylaştırabileceğini gözlemlemiş olmaktayız.

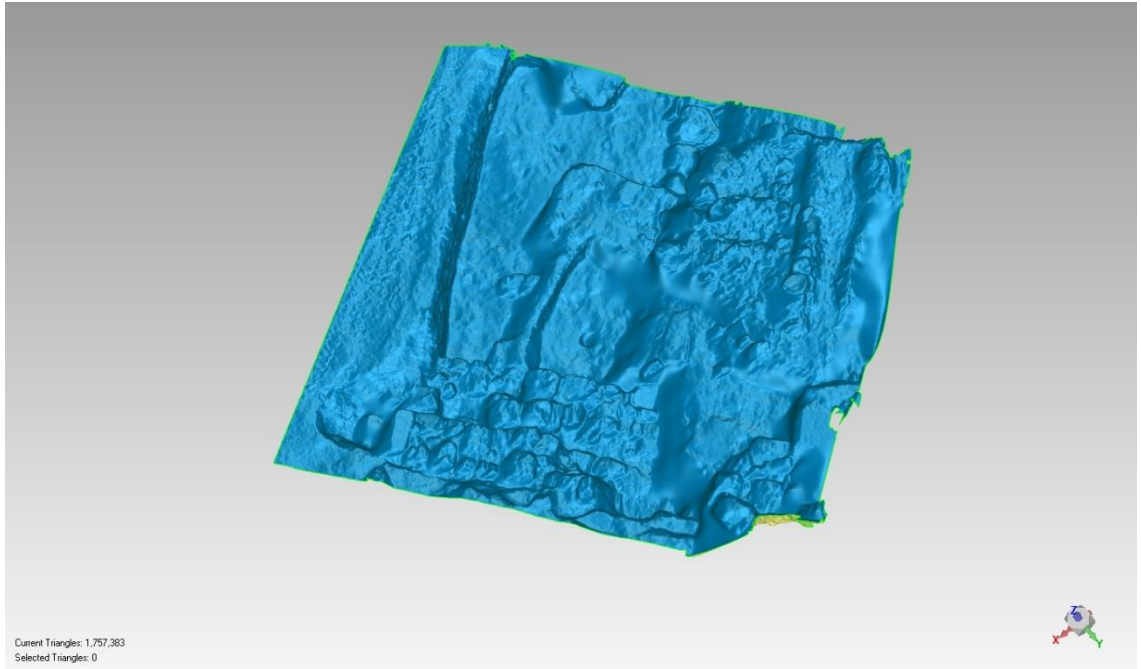
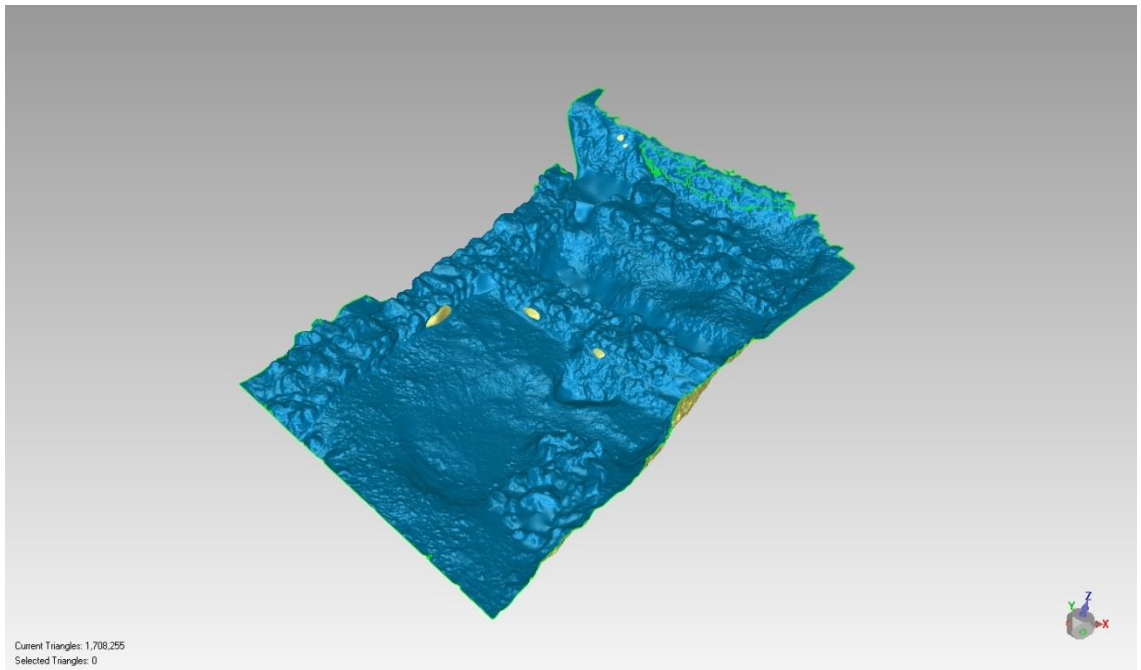
## 7. KAYNAKLAR

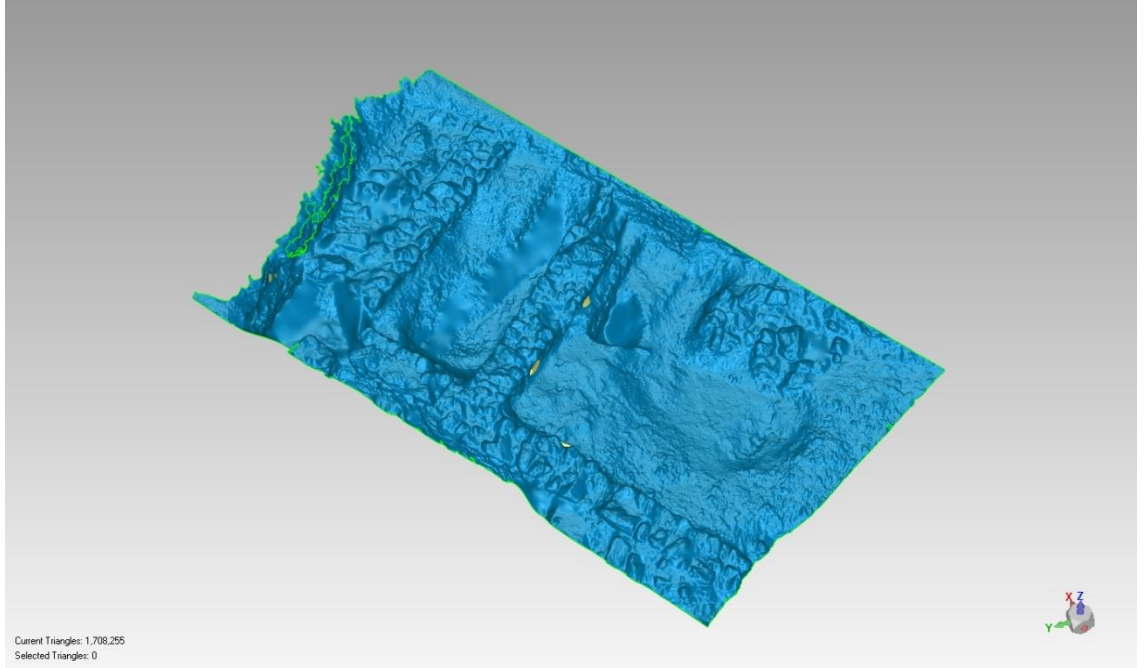
- Akça, D. , Gruen, A. , Alkış, Z. , Demir, N. , Breuckmann, B. , Erduyan, İ. , Nadir, E. 2006. 3D modeling of the Weary Herakles statue, 5th International Symposium Turkish-German Geodetic Days, Berlin, Germany, March 28-31
- Alba, M.J.I., Castro, M.A.B. 2012. Combining Terrestrial Laser Scanning and Techniques of Digital Image Processing in “Archaeology of the Architecture” Analysis in the Walls of the Andalusian Site of Vascos (Navalmoralejo, Toledo-Spain), Archaeology in the Digital Era Volume II e-Papers from the 40<sup>th</sup> Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Southampton, 26-30 March
- Arabatzi, O. , Pagounis, V. and Tsakiri, M. 2011. Experiences from Cultural Heritage Documentation Using Modern Geodetic Techniques -Monuments at the Acropolis of Athens, FIG Working Week Bridging the Gap between Cultures
- Barsanti, S.G. , Remondino, F. , Visintini, D. 2012. Photogrammetry and laser scanning for archaeological site 3D modeling - Some critical issues. CEUR Workshop Proceedings. 948. B1-B10.
- Bilis, T. , Magnisali, M. 2012. Issues Concerning the Architectural Reconstruction of the Monuments of the Sanctuary of Apollo Amyklaios. Μουσείο Μπενάκη. 1. 125. 10.12681/benaki.17775.
- Bobáľa, P. , Sipinab, S. , Škultétyc, F. 2017. Aspects of Aerial Laser Scanning when exploring unknown archaeological sites (Case study) , *Transportation Research Procedia* 28 37–44
- Bornaz, L. , Rinaudo, F. 2004. Terrestrial laser scanner data processing. *Commission V, WG V/4*
- Çölkesen, İ. , Yomralıoğlu, T. , 2014. Arazi Örtüsü ve Kullanımının Haritalanmasında WorldView-2 Uydu Görüntüsü ve Yardımcı Verilerin Kullanımı. *Harita Dergisi* Temmuz 2014 Sayı 152
- Demir, N. , Bayram, B. , Alkış, Z. , Helvacı, C. , Çetin, I. , Voegtle, T. , Ringle, K. , Steinle, E. 2004. Laser Scanning for Terrestrial Photogrammetry, Alternative system Or Combined With Traditional System?. 5. *Commission V, WG V/2*
- Harvey, A.S. , Fotopoulos, G. , Hall, B. , Amolins, K. 2017 Augmenting comprehension of geological relationships by integrating 3D laser scanned hand samples within a GIS environment, *Computers & Geosciences* 103 152–163 Toronto, Ontario, Canada 14 February
- Kaimaris, D. , Patias, P. , Tsakiri, M. 2012. Best period for high spatial resolution satellite images for the detection of marks of buried structures. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 15, 9–18



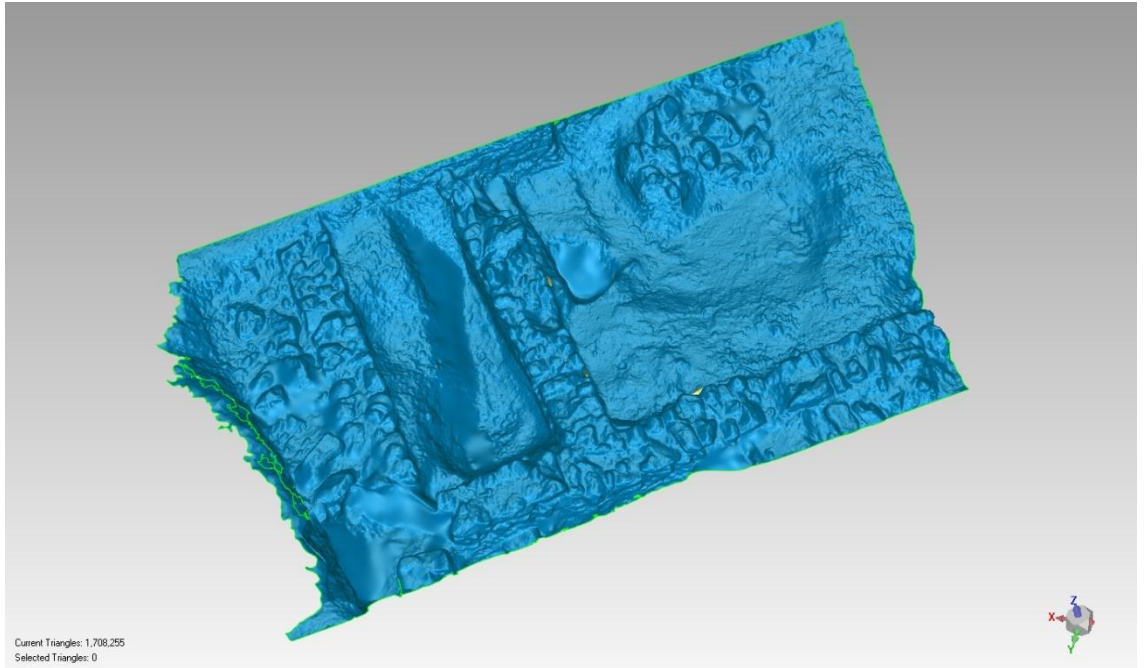
- Kuznetsova, I. , Kuznetsova, D. , Rakova, X. 2015. The Use of Surface Laser Scanning for Creation of a Three-dimensional Digital Model of Monument. *Procedia Engineering*. 100. 10.1016/j.proeng.2015.01.536.
- Kısağa, M.G. , Durduran, S.S. 2016. Arkeolojik Uygulamalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Yoluyla Mekâna Yönelik Analizler: Knidos Arkeolojik Alan Çalışması. 6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (Uzal-Cbs 2016), 5-7 Ekim, Adana
- Lerma, J.L. , Navarro, S., Cabrelles, M., Villaverde, V. , 2010 Terrestrial laser scanning and close range photogrammetry for 3D archaeological documentation: the Upper Palaeolithic Cave of Parpalló as a case study. *Journal of Archaeological Science*, Volume 37, Issue 3, Pages 499-507, March 2010.
- López, J.A.B. , Aranda Jiménez, G , Sánchez Romero, M. , Alarcón García, E. , Fernández Martín, S. , Lozano Medina, Á. , Esquivel, J. 2016. 3D modelling in archaeology: The application of Structure from Motion methods to the study of the megalithic necropolis of Panoria (Granada, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports*. 10. 495-506. 10.1016/j.jasrep.2016.11.022.
- McCool, J.P.P. 2014. PRAGIS: a test case for a web-based archaeological GIS. *Journal of Archaeological Science* 41 133e139
- Nsanziyera, A.F. , Hicham, L. , Said, F. , Mehdi, M. , Omar, S. , Aicha, O. , Hassan, R. 2018. Remote-sensing data-based Archaeological Predictive Model (APM) for archaeological site mapping in desert area, South Morocco. *Comptes Rendus Geoscience*. 10.1016/j.crte.2018.06.010.
- Núñez, M.A. , Buill, F. , Edo, M. 2013. 3D model of the Can Sadurní cave. *Department of Geotechnical Engineering and Geo-Sciences (ETCG), Universitat Politècnica de Catalunya*, 44-50, 08028
- Özülü, I. M. , Altan, M. 2007. Hava Fotoğrafları Kullanılarak Arkeolojik Alanların Değişim Analizi: Hattusa Örneği, *Anadolu University Journal Of Science And Technology Cilt/Vol.:8-Sayı/No: 2* : 463-473
- Pagounis, V. , Tsakiri, M. , Zacharis, V. , Andritsanosa, V. , Tsiardaki, M. 2016. Detection of geometric changes for an historic theatre by comparing surveying data of different chronological periods. *Journal of Cultural Heritage* 21 (2016) 860–868
- Parcak, S.H. 2009 Remote Sensing for Archaeology. Taylor & Francis e-Library
- Remondino, F. , Rizzi, A. 2010. Reality-based 3D documentation of natural and cultural heritage sites techniques, problems, and examples, *Appl Geomat* 2:85–100
- Richards-Rissetto, H. 2017. What can GIS + 3D mean for landscape archaeology, *Journal of Archaeological Science* 84 10e21
- Herban, I.S. , Vilceanu, C.B. 2012. Terrestrial laser scanning used for 3D modeling. 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. 2. 795 - 804. 10.5593/SGEM2012/S07.V2017.

- Vlivos, S. 2007. The Amyklaion Revisited: New observations on a laconian sanctuary of apollon, Athens-Sparta contributions to the research on the history and archeology of the two city states. In : Kaltsas, N. (Ed.) Onasis Cultural Center NewYork
- Vlivos, S. 2012. Amykles Research Project: Excavation Works 2005-2010. Μουσείο Μπενάκη. 1. 91. 10.12681/benaki.17772.
- Vlivos, S. , Pagounis, V. , Tsakiri, M. , Boyoğlu, C.S. , Demir, N. 2018. The use of geodetic techniques in the documentation of the Amyklesarchaeological site, FIG Congress 2018 Embracing our smart world where the continents connect: enhancing the geospatial maturity of societies Istanbul, Turkey, May 6–11
- Yomralıoğlu, T. , Döner, F. 2005. Mobil GIS Gezici Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uygulamaları. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetim Dergisi* 2005/2 Sayı 93
- Cartwright, Mark. 2013 “Sparta” <https://www.ancient.eu/sparta/> [Son erişim tarihi:01.12.2018]
- Anonymous 1 : Amykles Research Project. “History of Research” [http://www.amyklaion.gr/?page\\_id=295](http://www.amyklaion.gr/?page_id=295) [Son erişim tarihi:01.12.2018]
- Anonymous 2 : Amykles Research Project. “Chronology” [http://www.amyklaion.gr/?page\\_id=297](http://www.amyklaion.gr/?page_id=297) [Son erişim tarihi:01.12.2018]

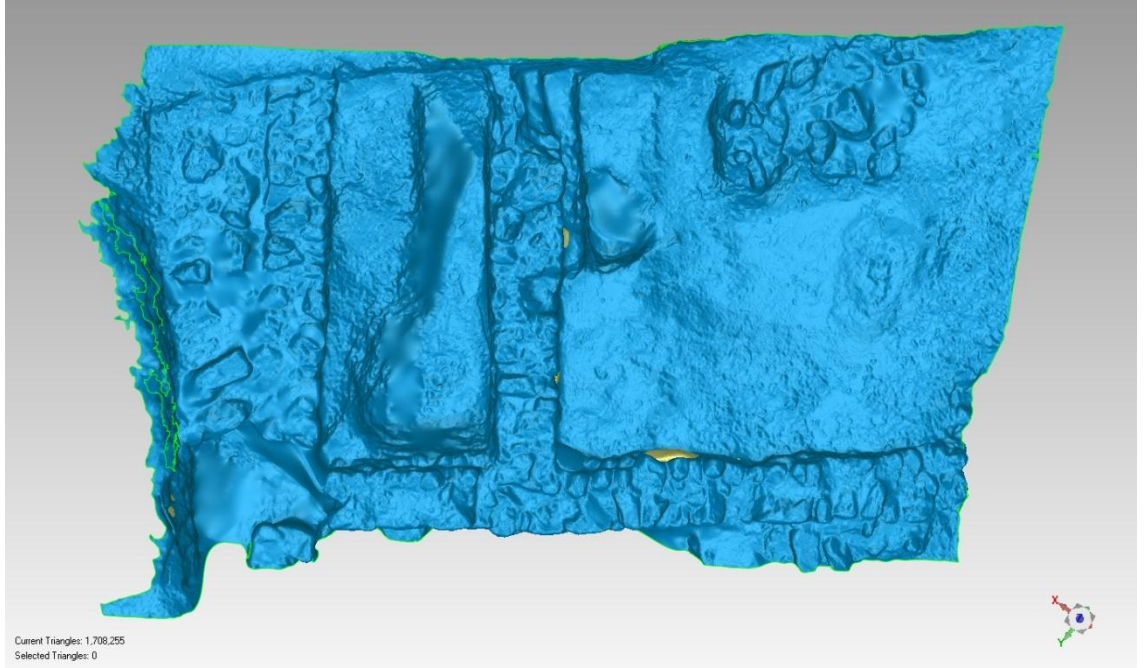
**8. EKLER****Şekil 8.1.** Ağ model**Şekil 8.2.** Ağ model



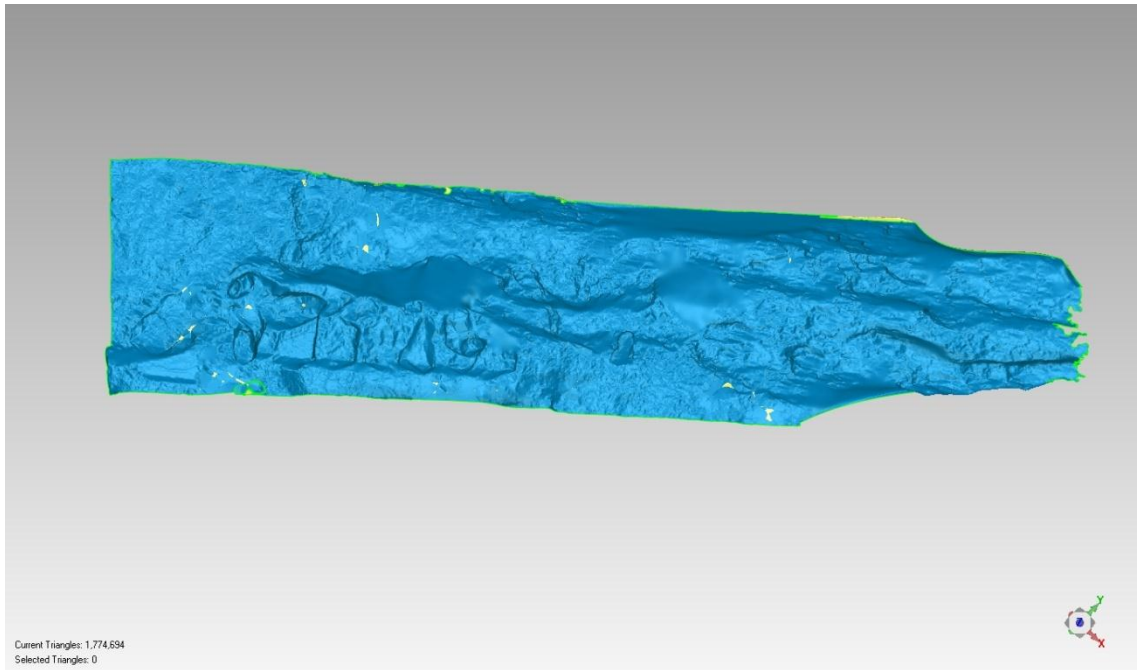
**Şekil 8.3.** Ağ model



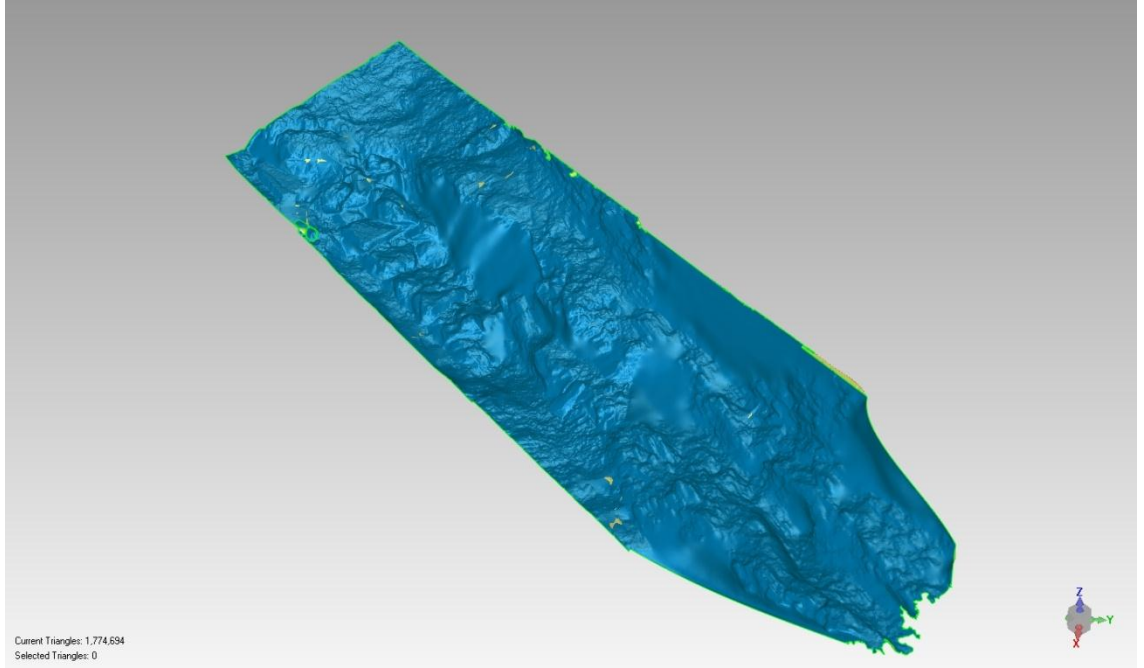
**Şekil 8.4.** Ağ model



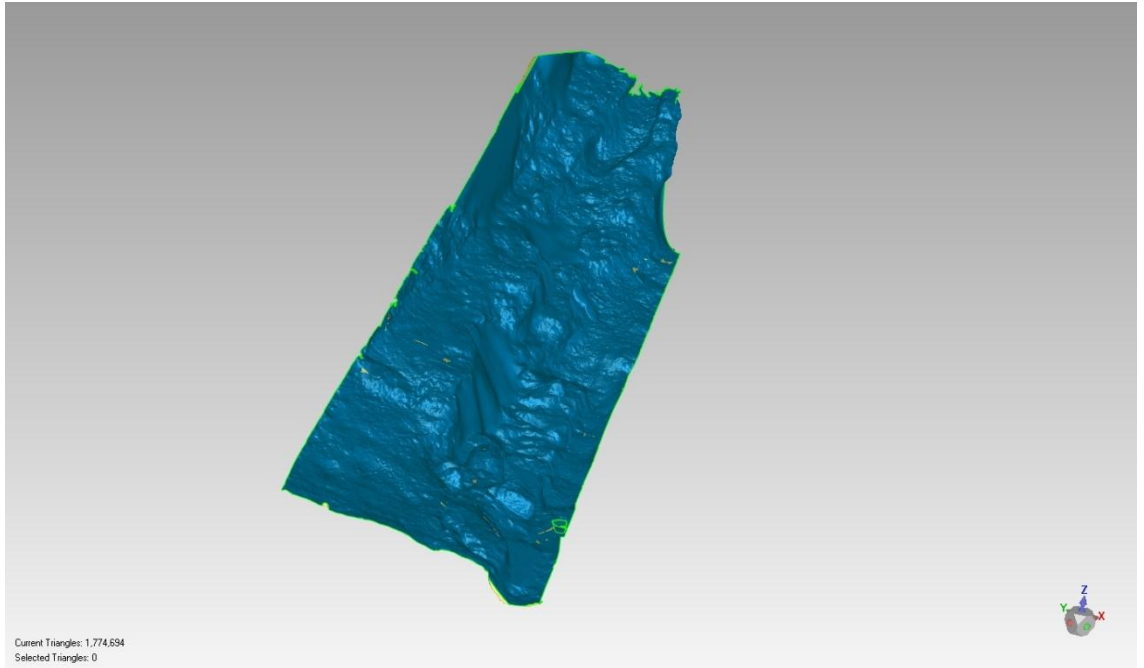
Şekil 8.5. Ağ model



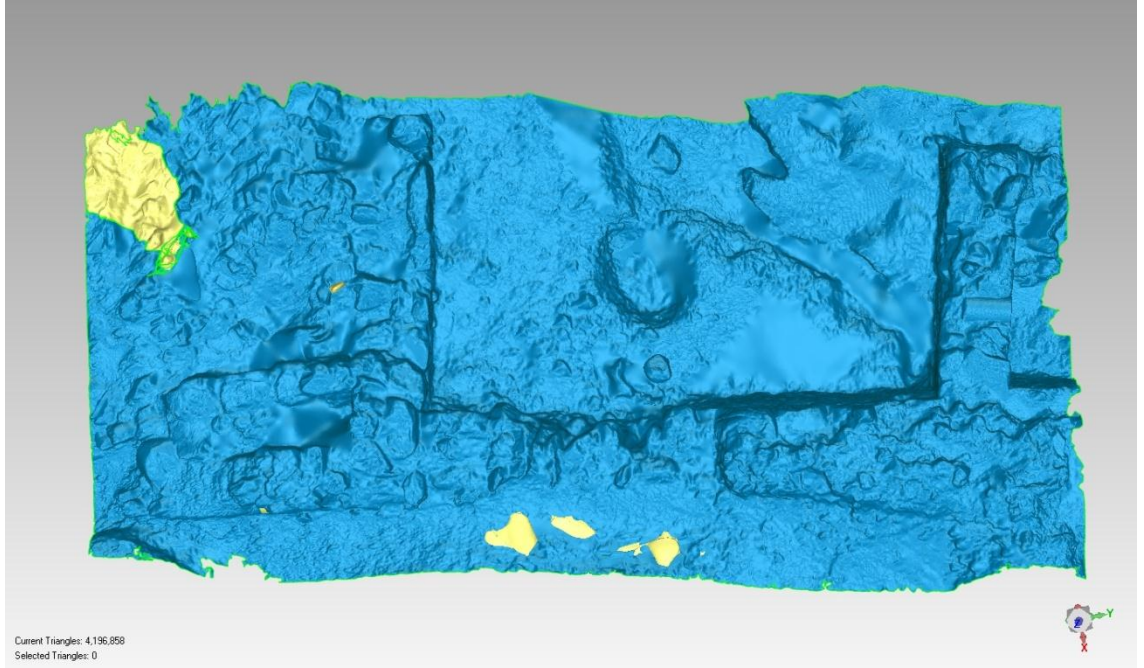
Şekil 8.6. Ağ model



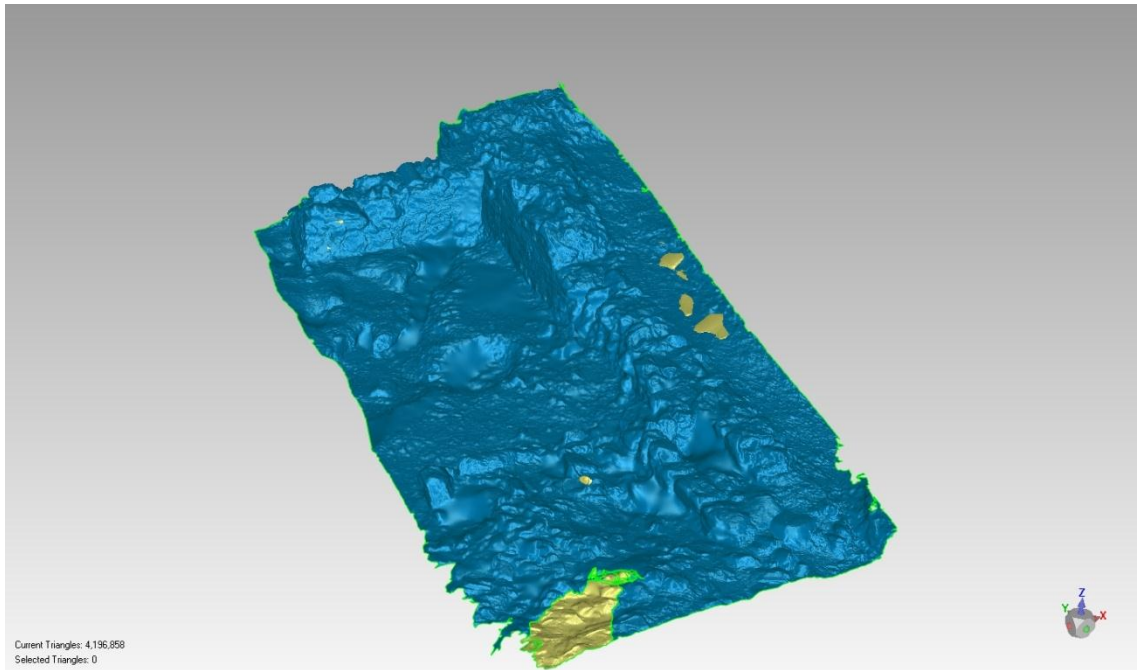
Şekil 8.7. Ağ model



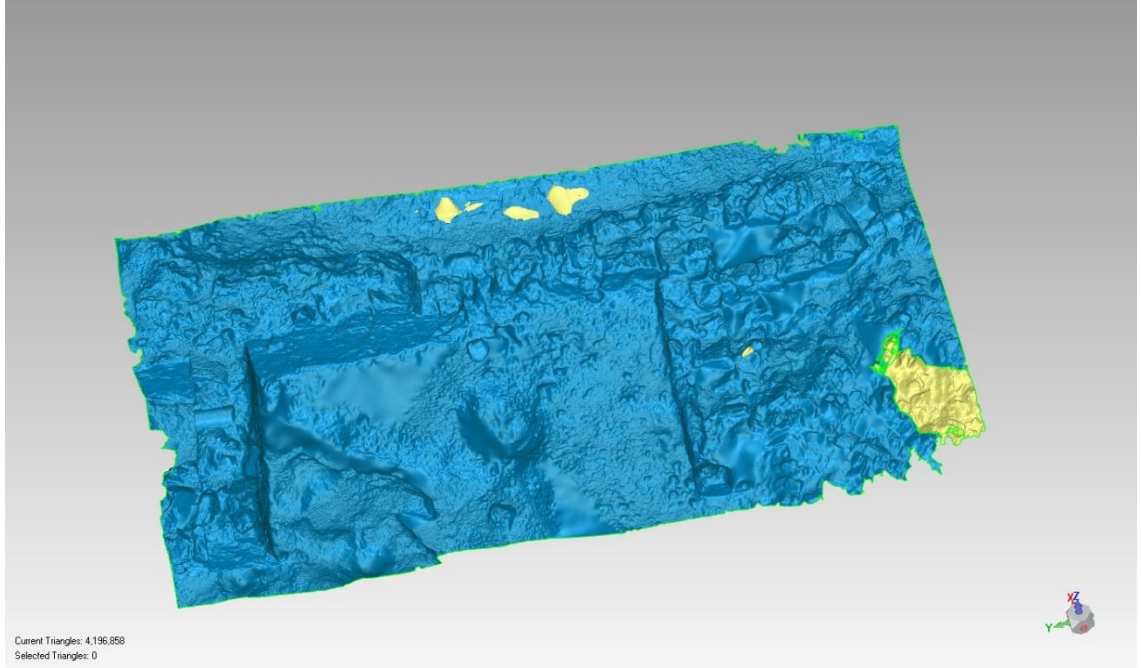
Şekil 8.8. Ağ model



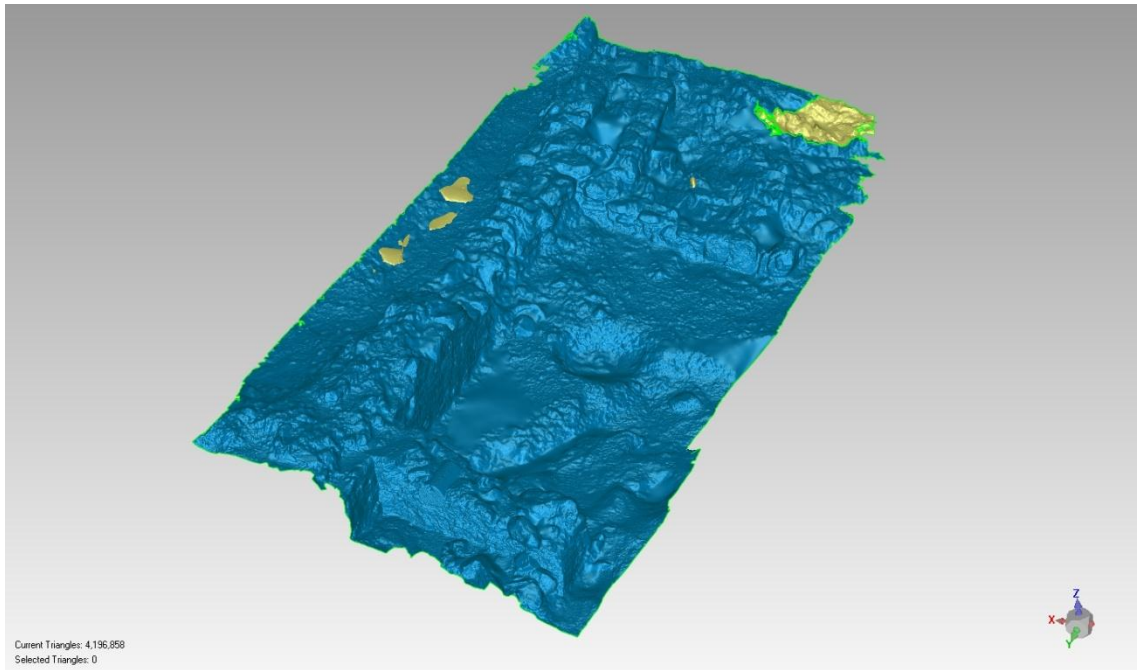
Şekil 8.9. Ağ model



Şekil 8.10. Ağ model

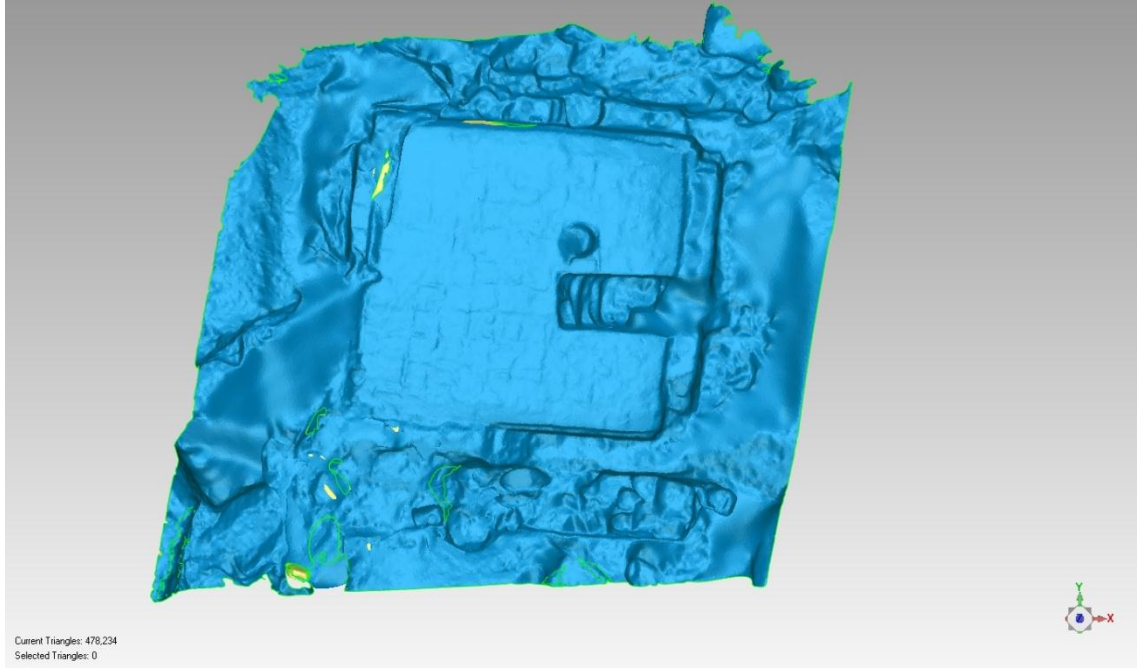


Şekil 8.11. Ağ model

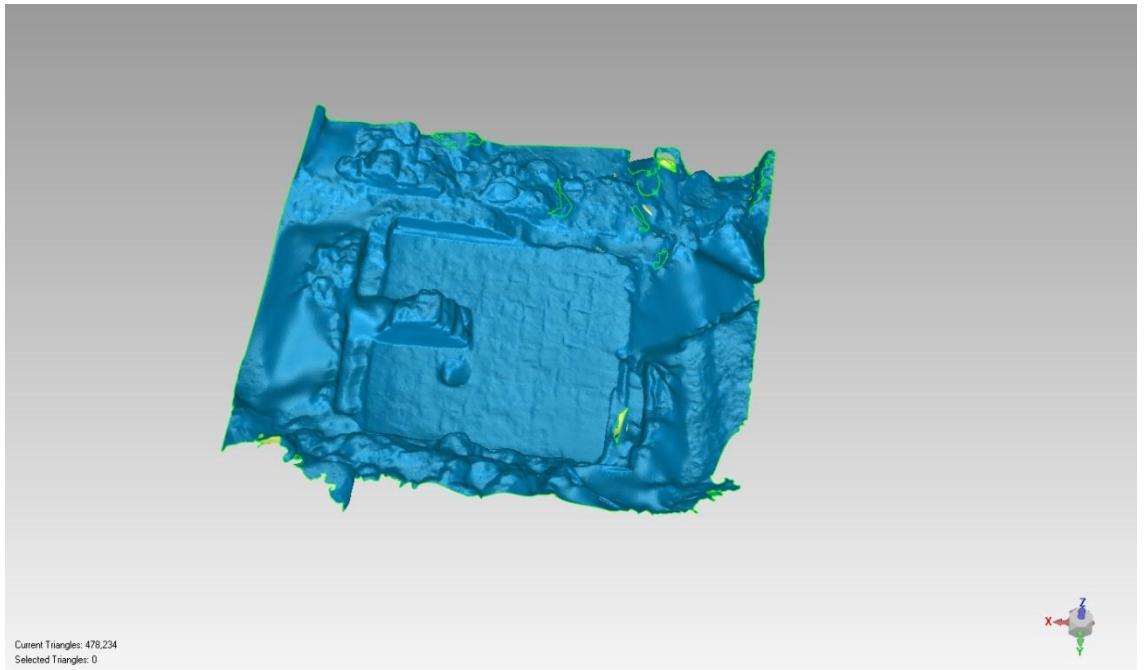


Şekil 8.12. Ağ model

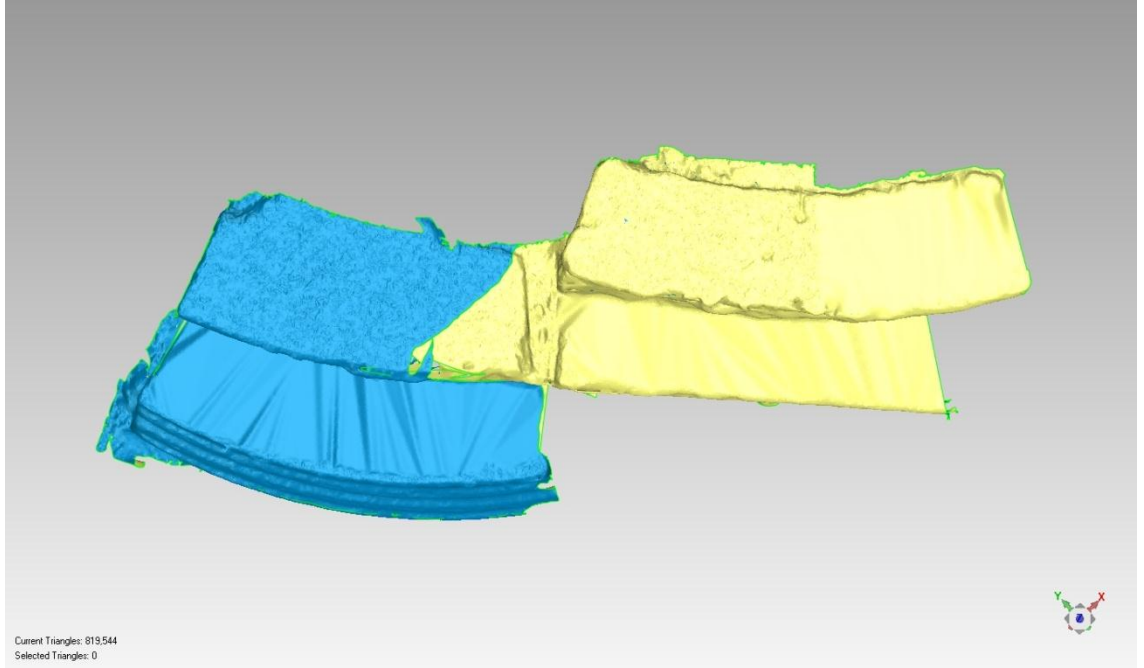




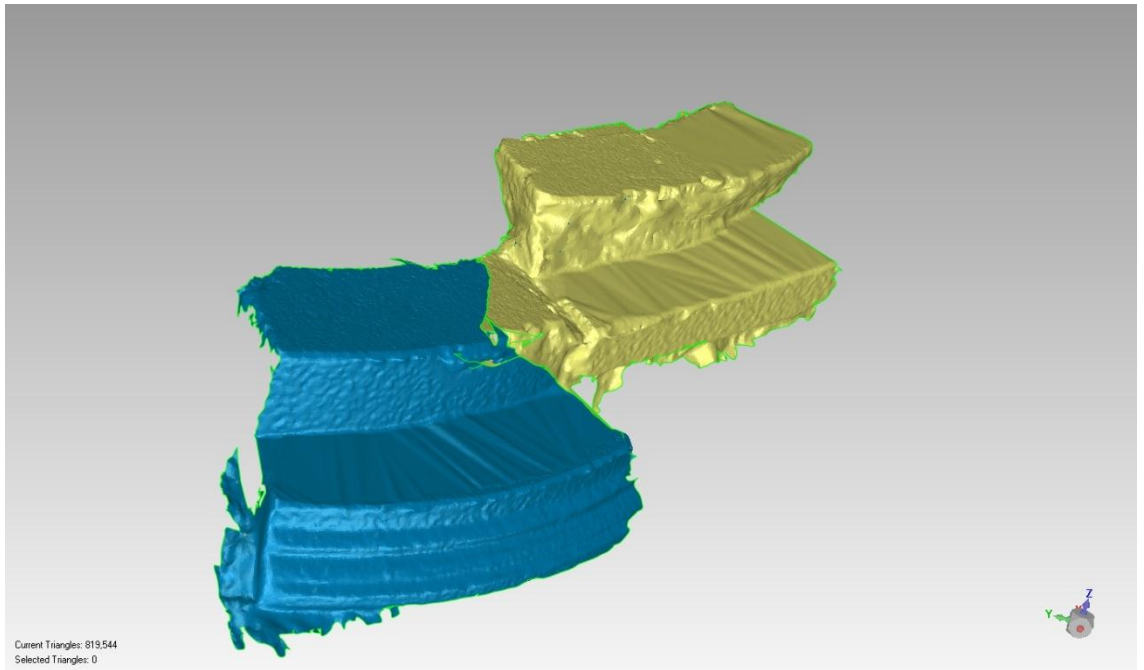
Şekil 8.13. Ağ model



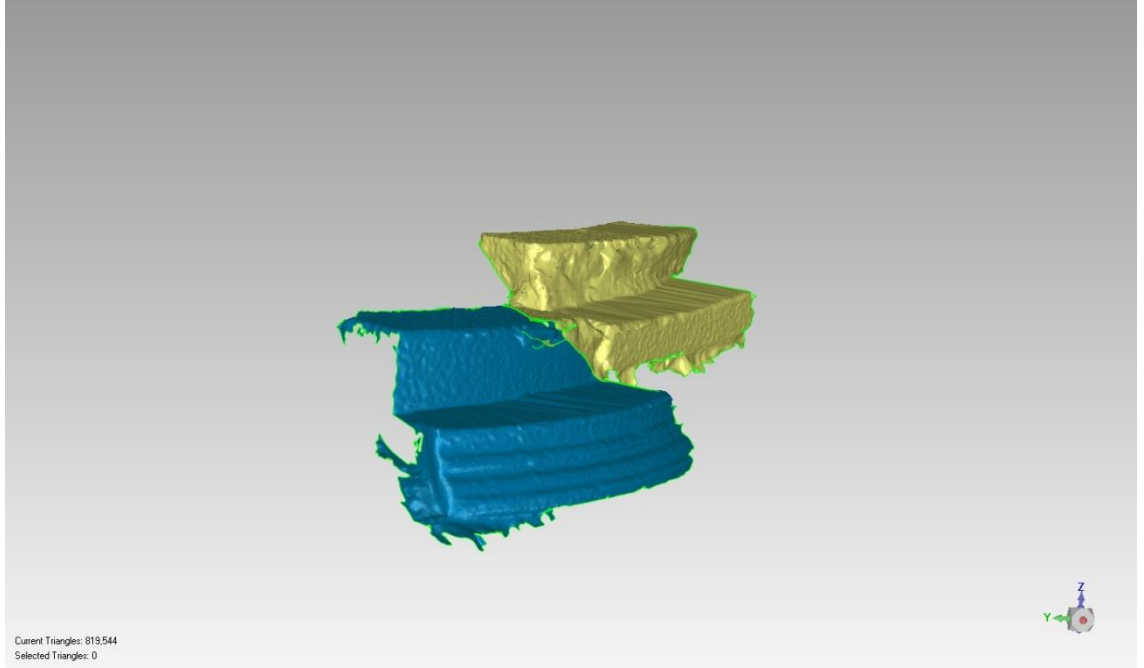
Şekil 8.14. Ağ model



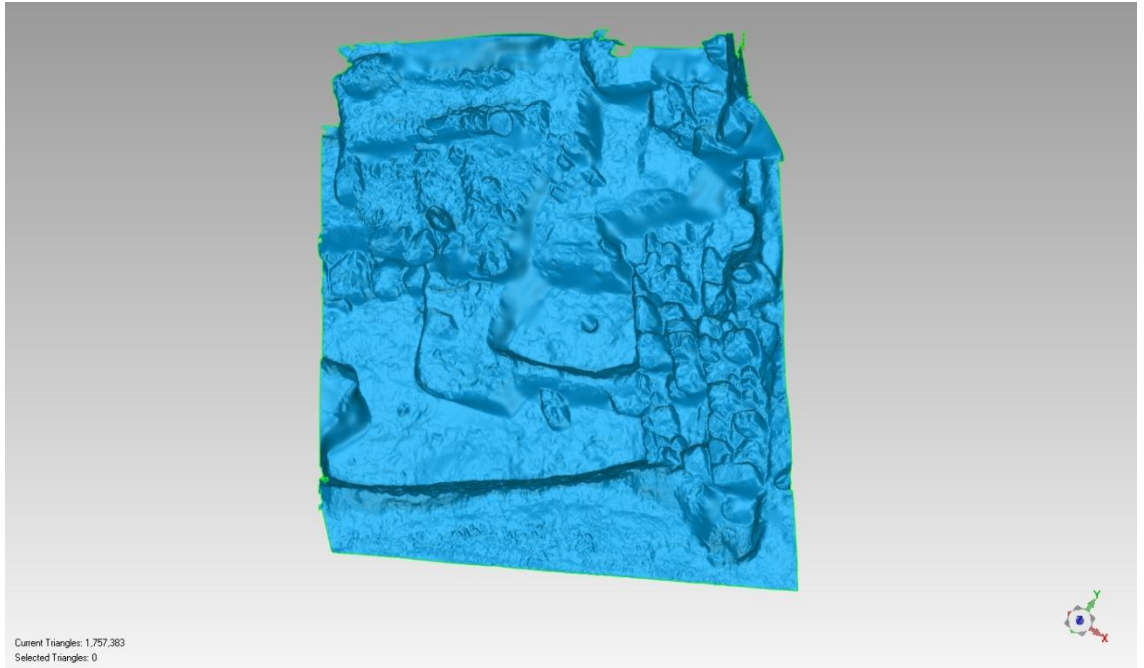
Şekil 8.15. Ağ model



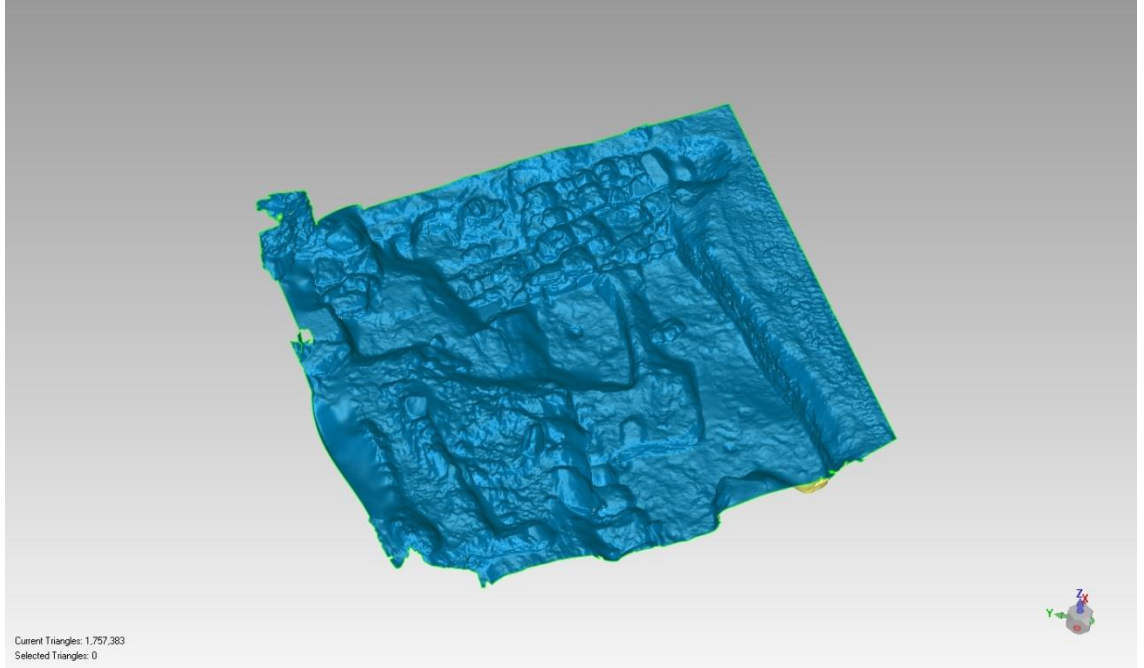
Şekil 8.16. Ağ model



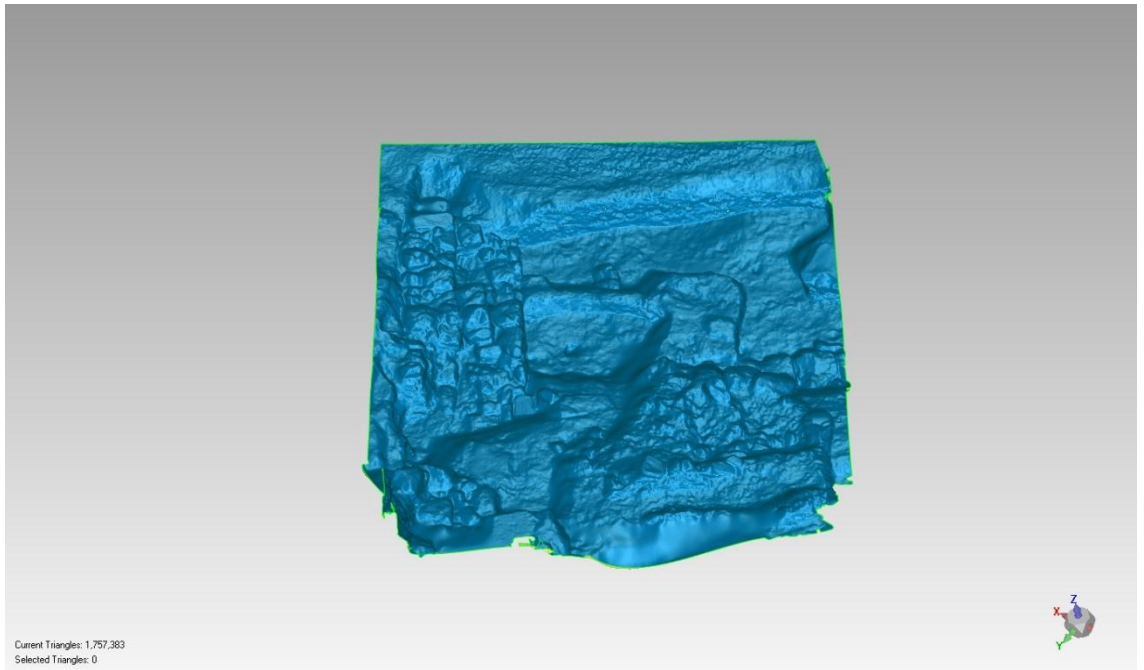
Şekil 8.17. Ağ model



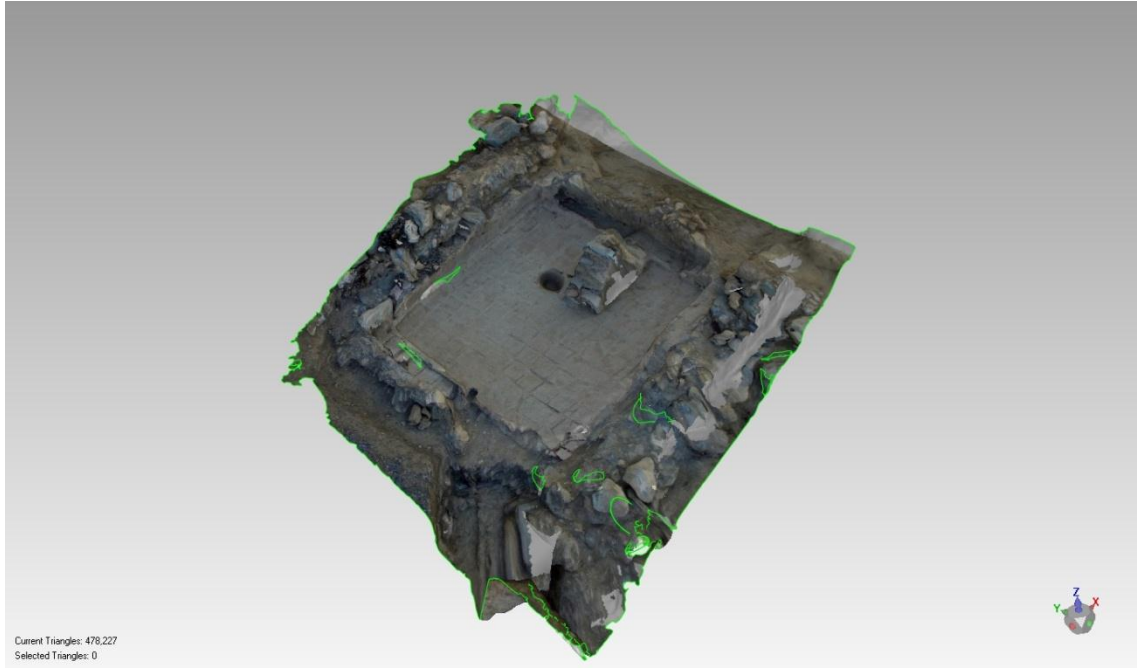
Şekil 8.18. Ağ model



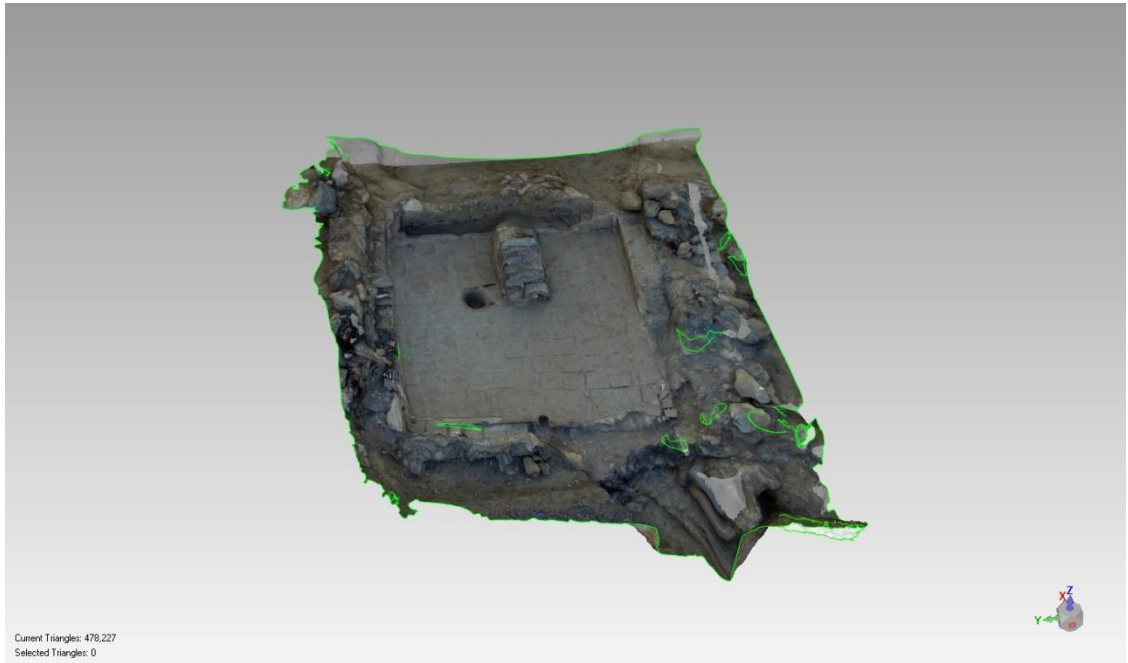
**Şekil 8.19.** Ağ model



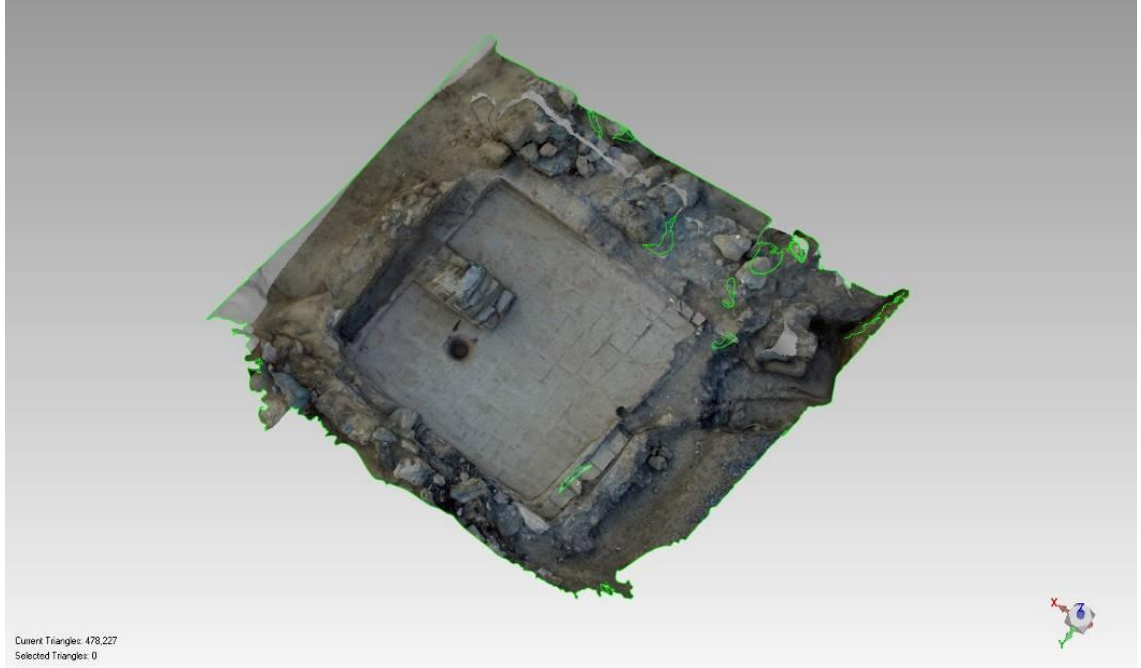
**Şekil 8.20.** Ağ model



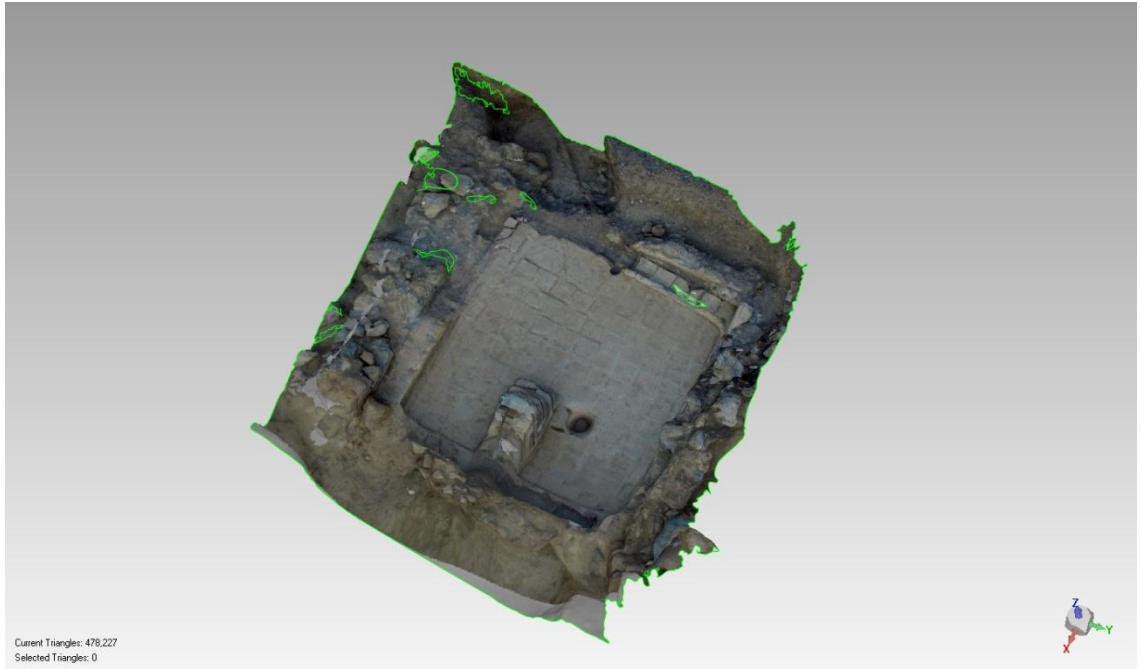
Şekil 8.21. Doku giydirilmiş ağ model



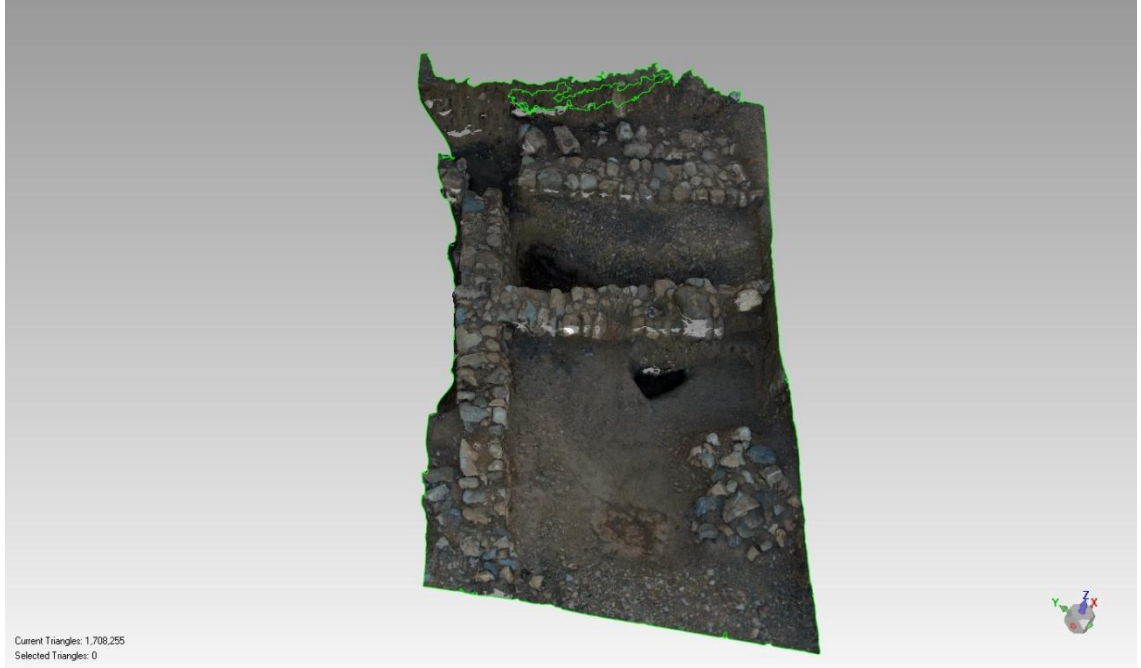
Şekil 8.22. Doku giydirilmiş ağ model



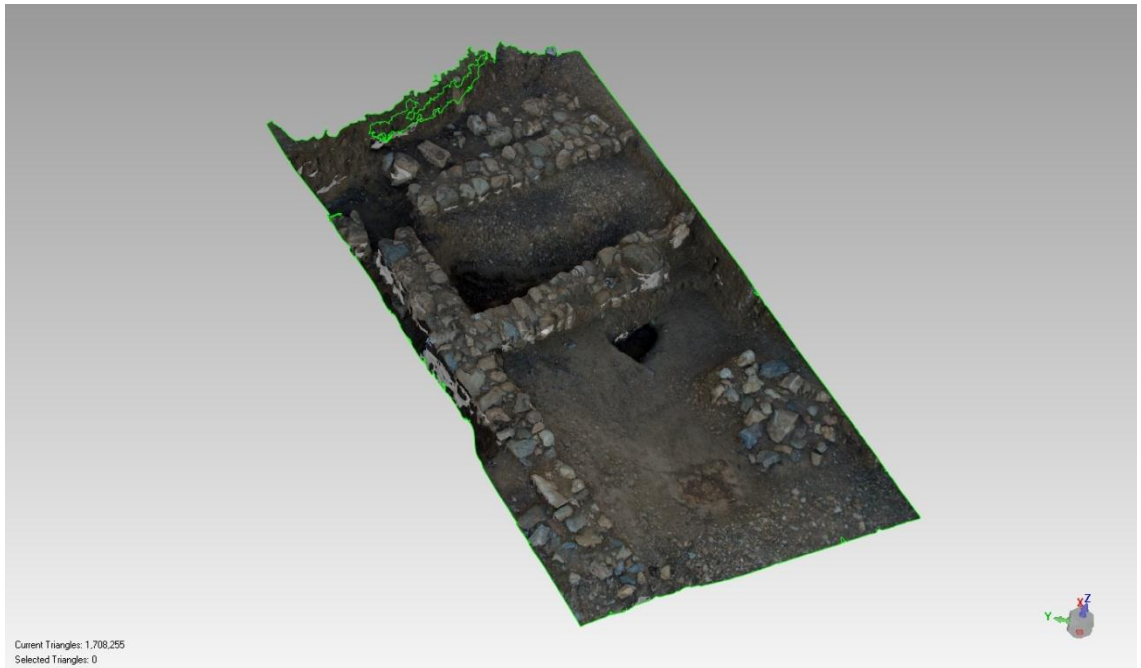
Şekil 8.23. Doku giydirilmiş ağ model



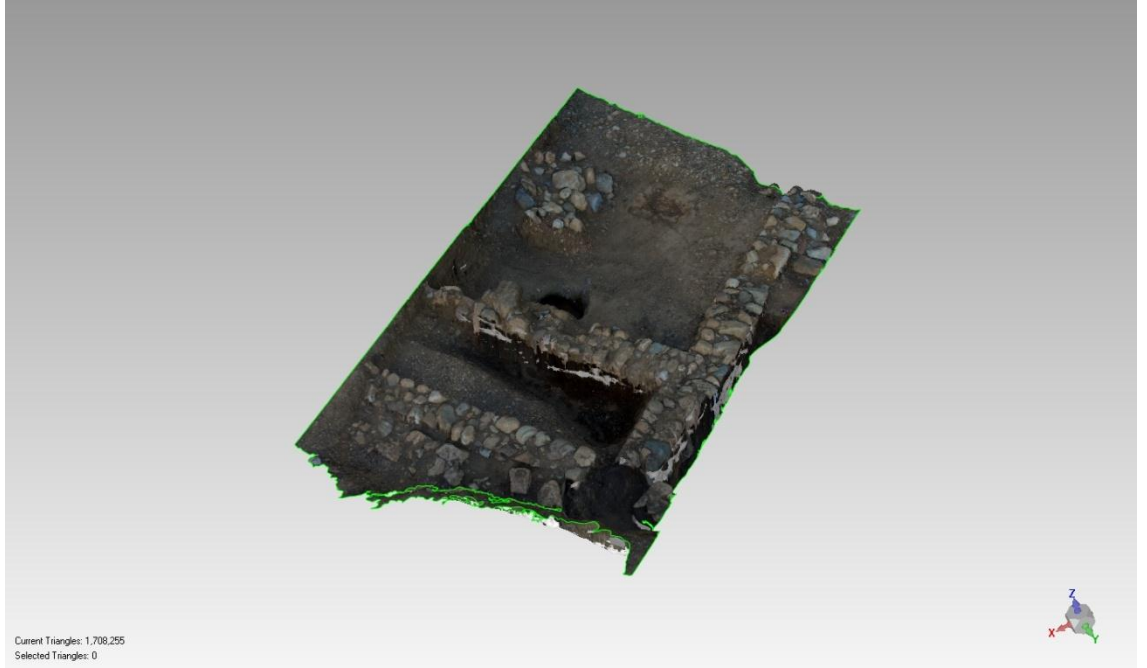
Şekil 8.24. Doku giydirilmiş ağ model



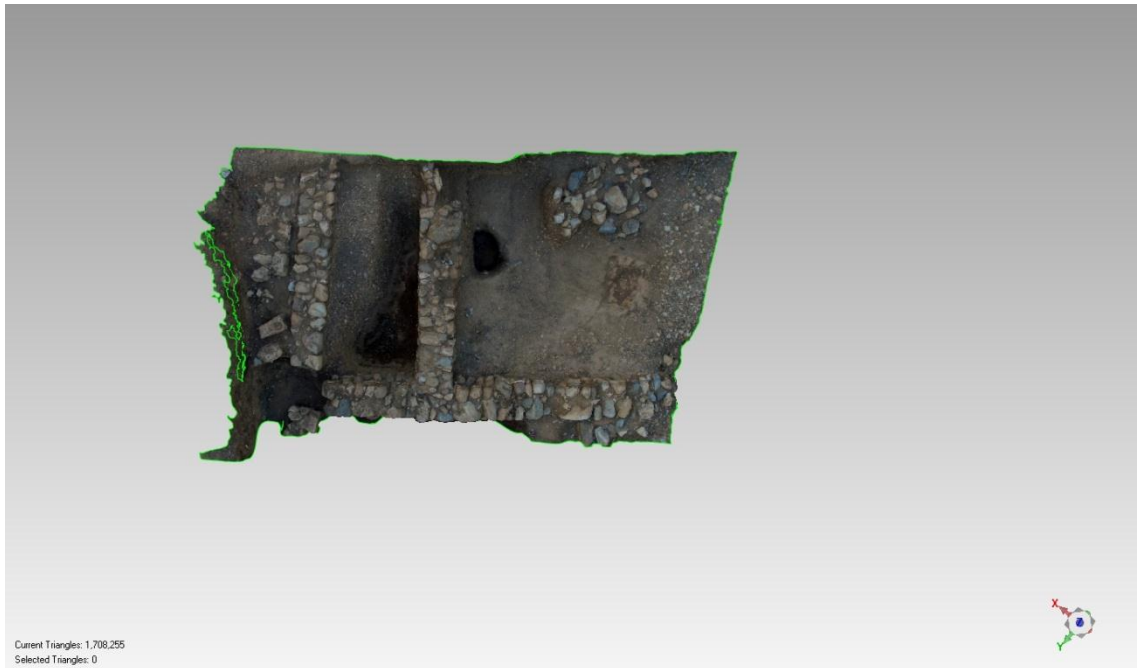
**Şekil 8.25.** Doku giydirilmiş ağ model



**Şekil 8.26.** Doku giydirilmiş ağ model

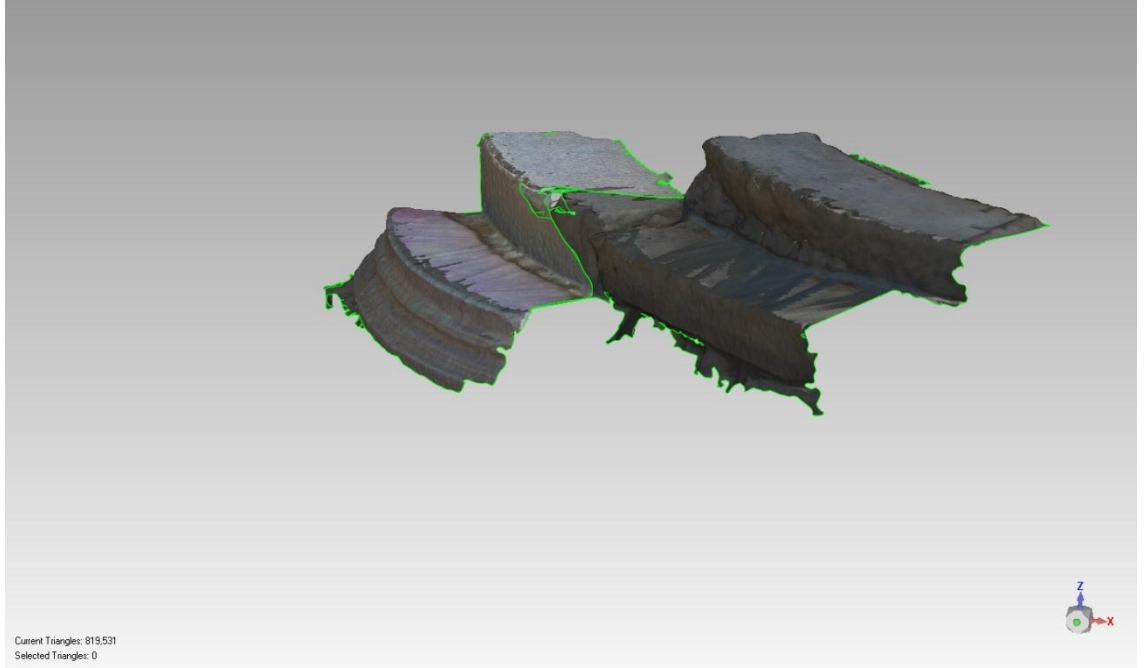


Şekil 8.27. Doku giydirilmiş ağ model

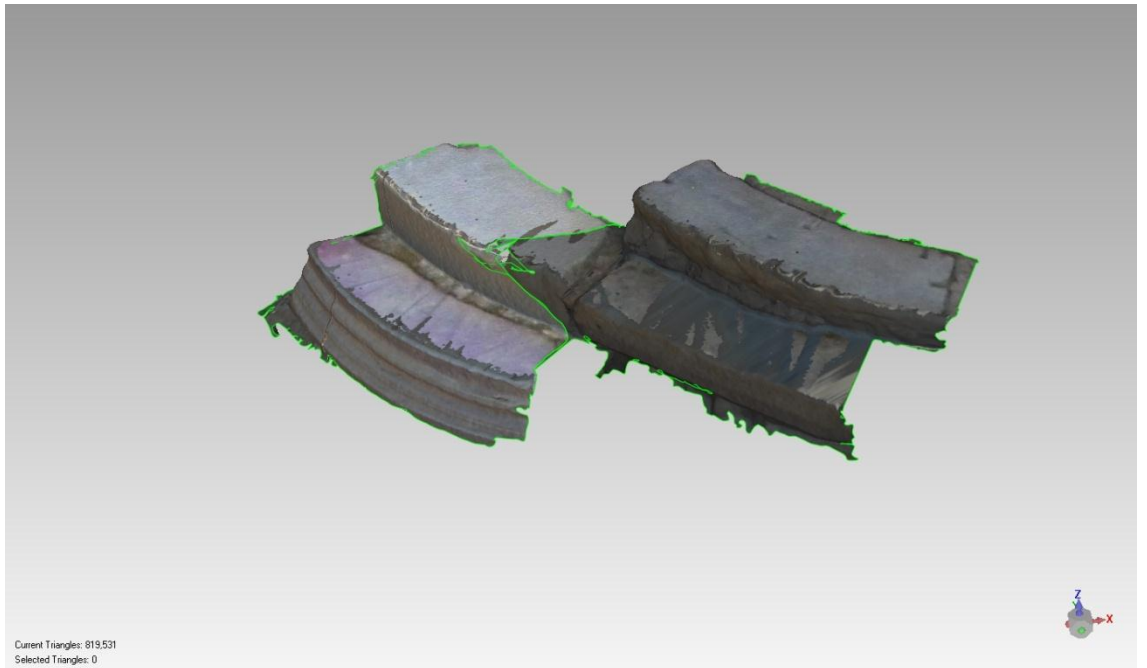


Şekil 8.28. Doku giydirilmiş ağ model

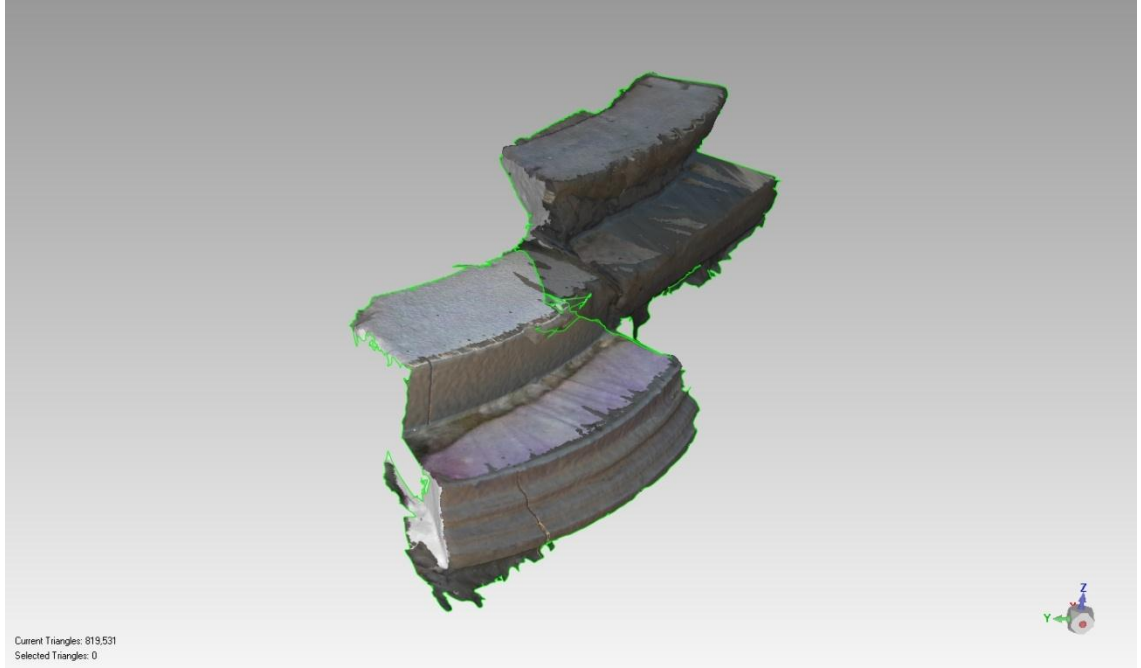




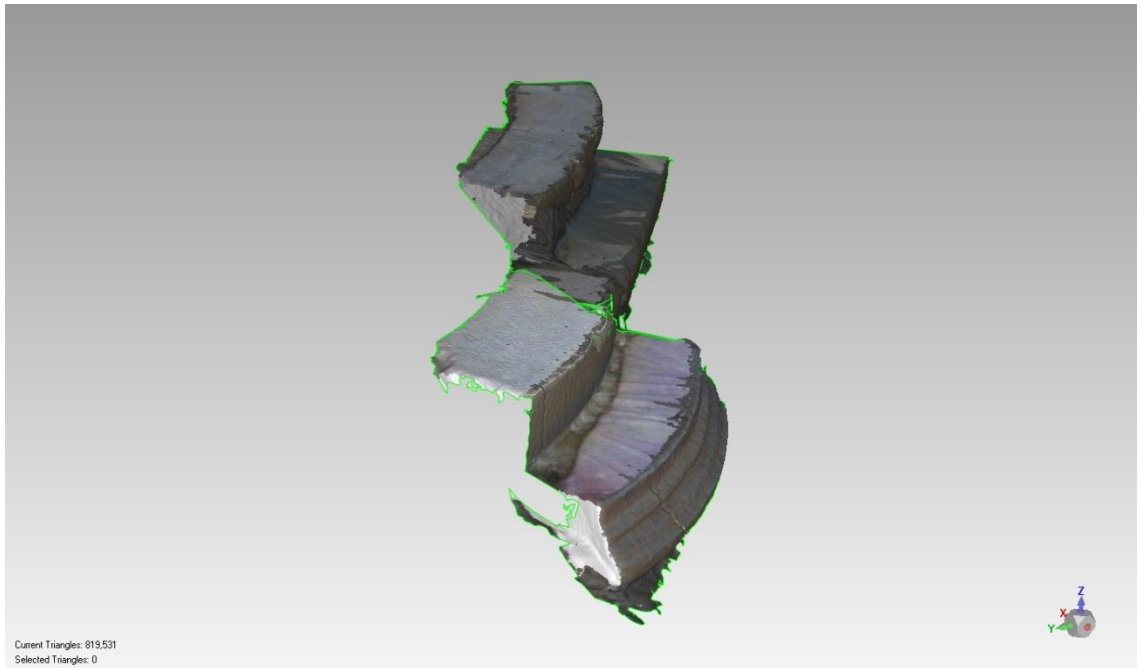
Şekil 8.29. Doku giydirilmiş ağ model



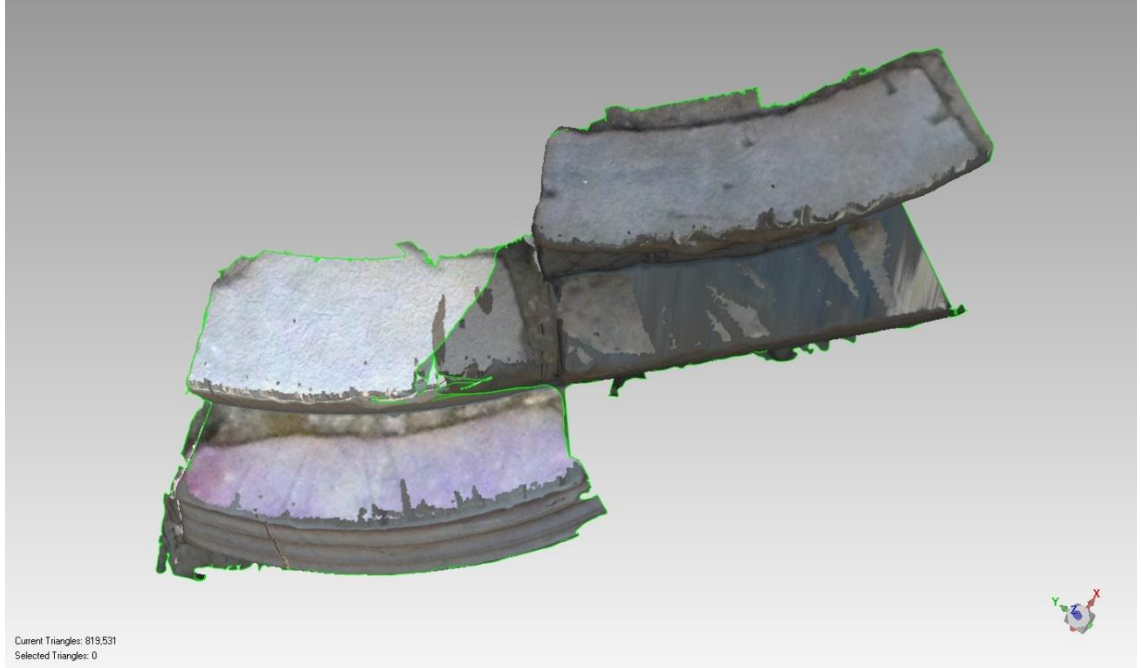
Şekil 8.30. Doku giydirilmiş ağ model



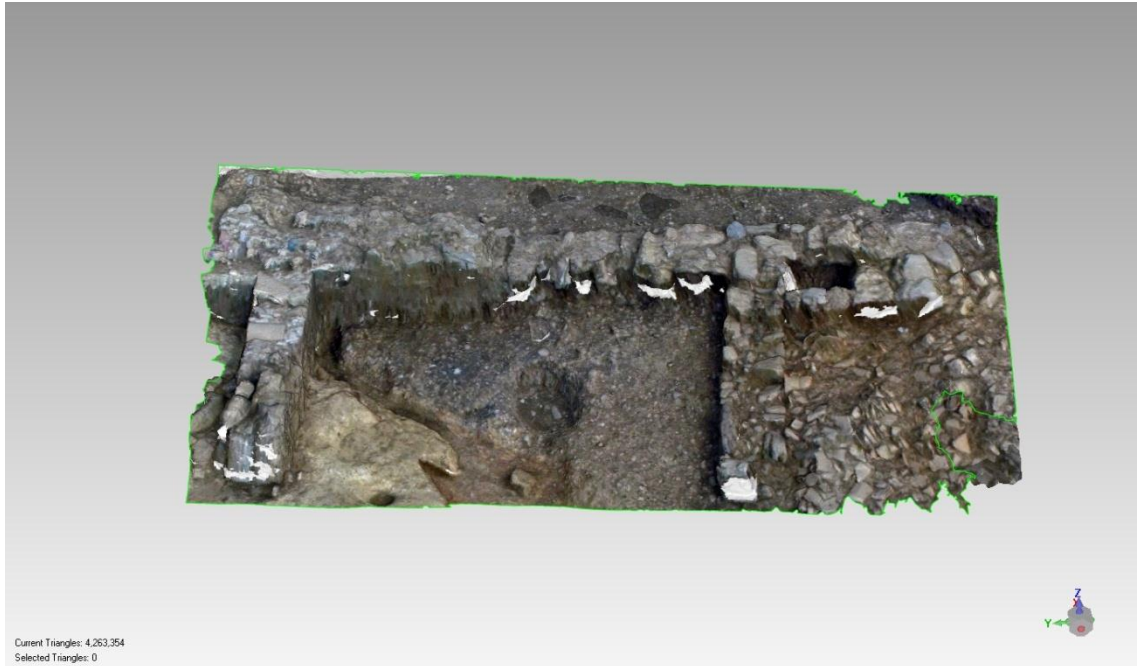
**Şekil 8.31.** Doku giydirilmiş ağ model



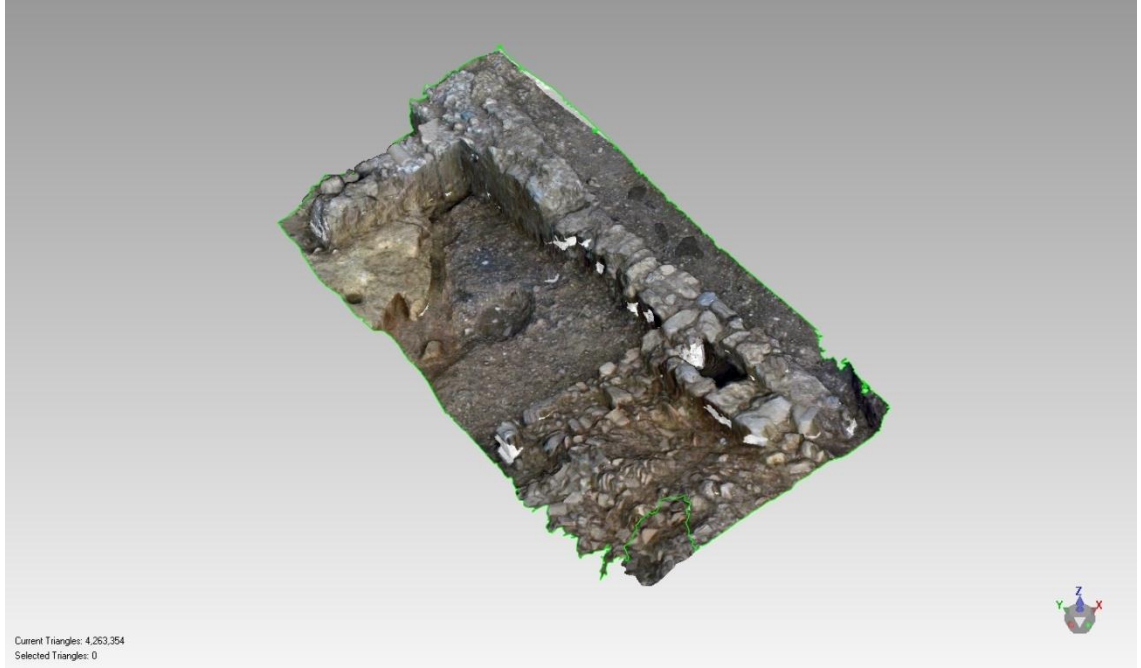
**Şekil 8.32.** Doku giydirilmiş ağ model



Şekil 8.33. Doku giydirilmiş ağ model



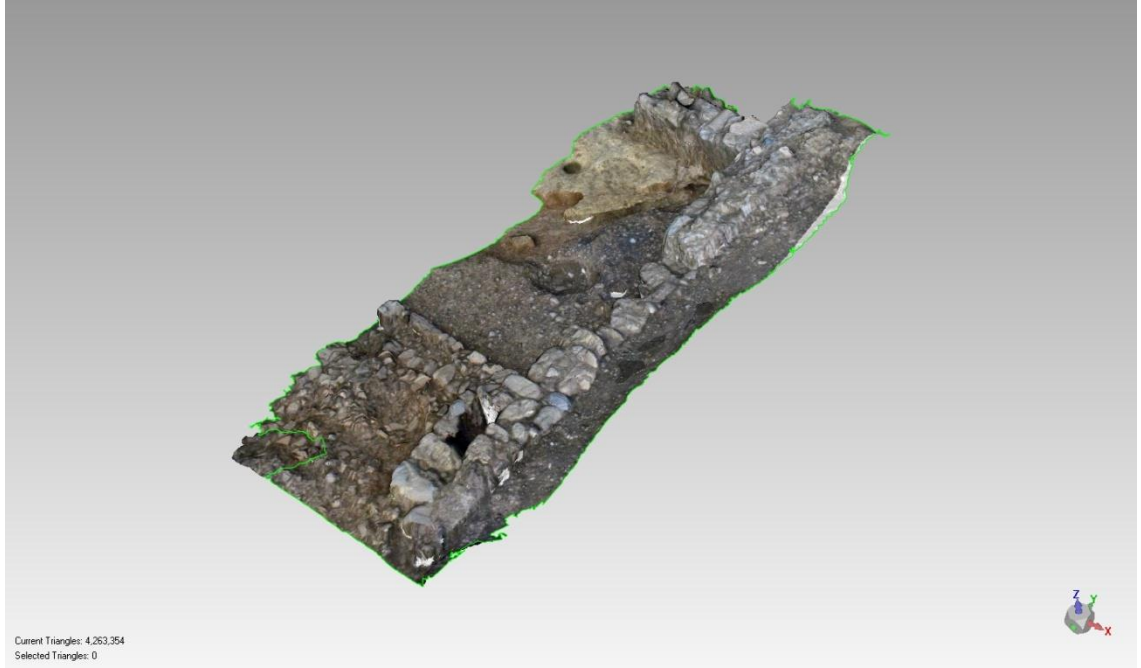
Şekil 8.34. Doku giydirilmiş ağ model



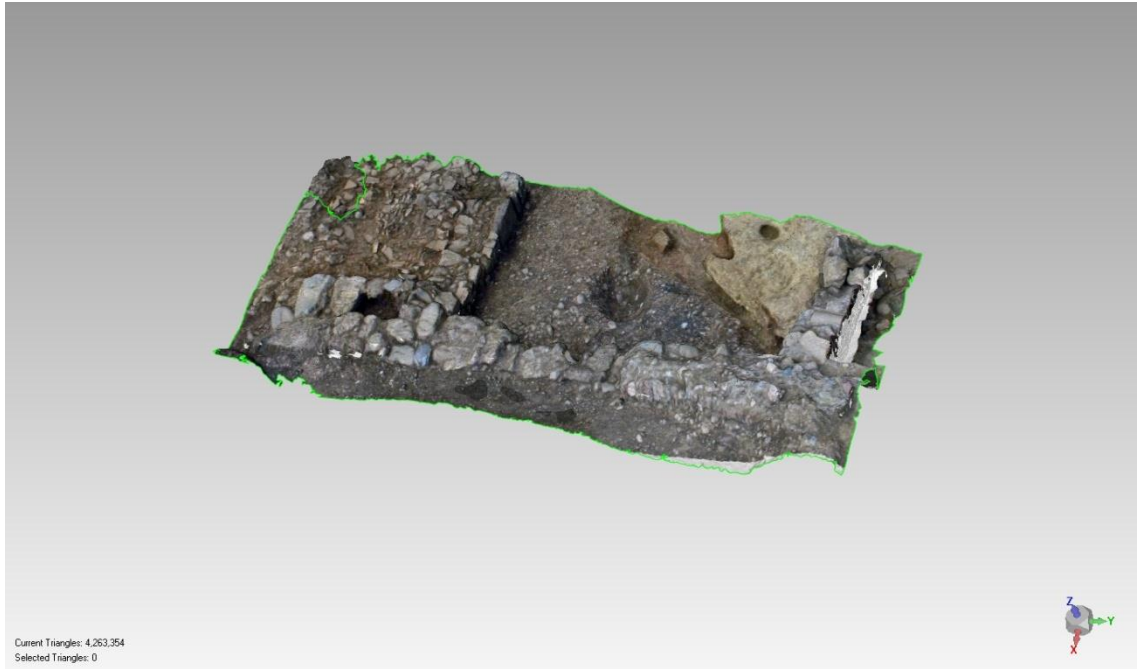
Şekil 8.35. Doku giydirilmiş ağ model



Şekil 8.36. Doku giydirilmiş ağ model



Şekil 8.37. Doku giydirilmiş ağ model



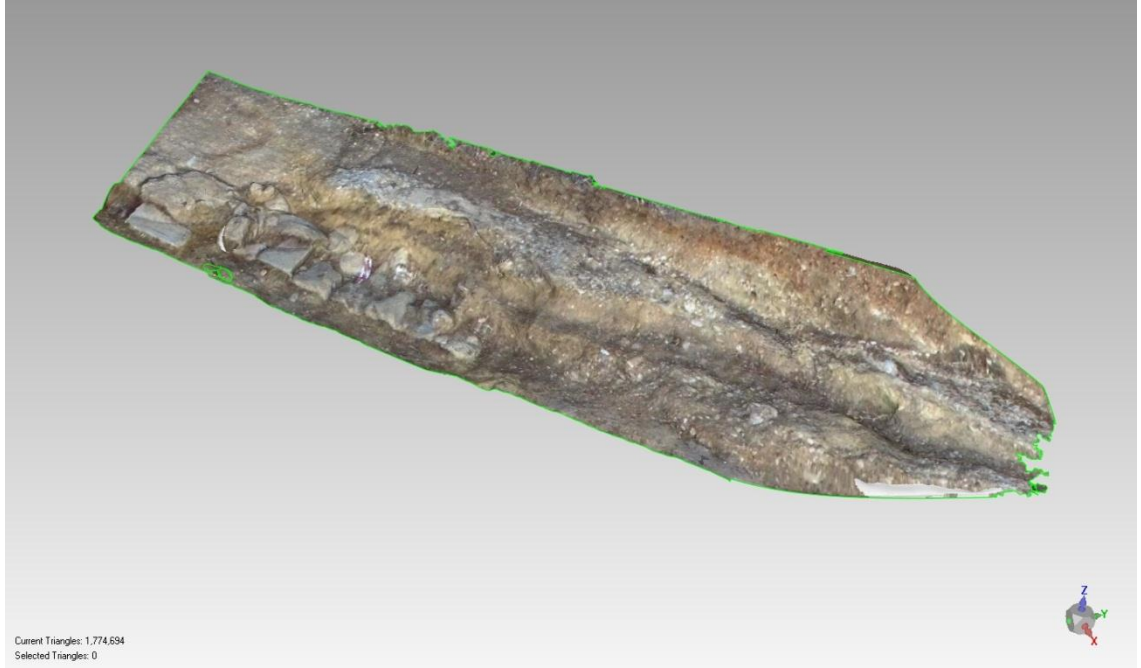
Şekil 8.38. Doku giydirilmiş ağ model



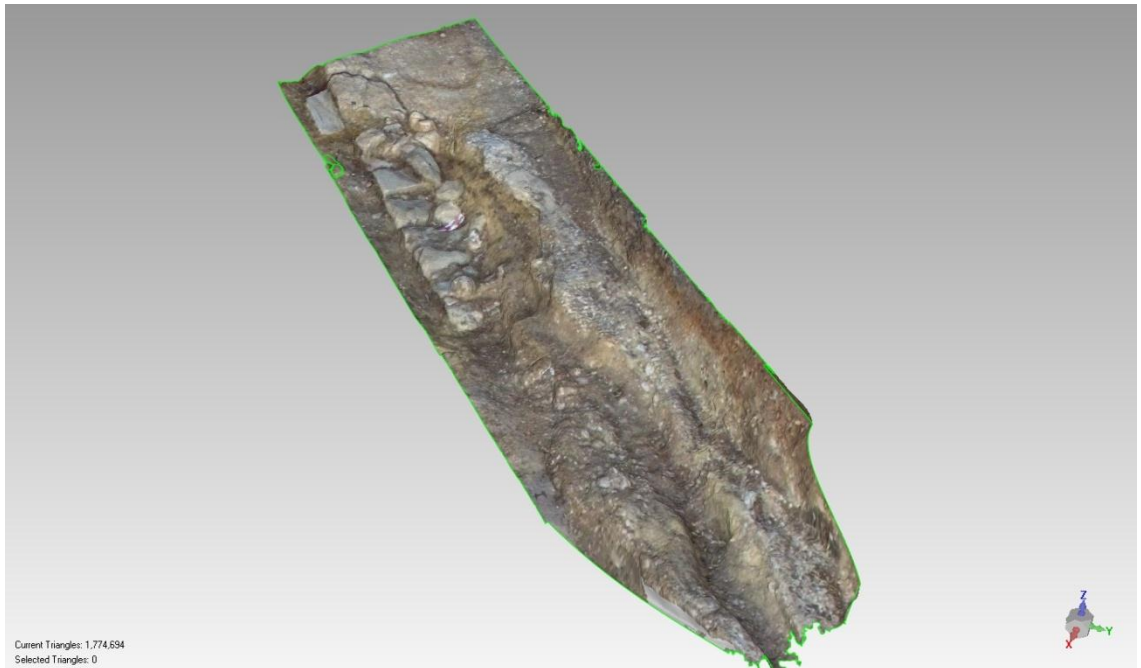
Şekil 8.39. Doku giydirilmiş ağ model



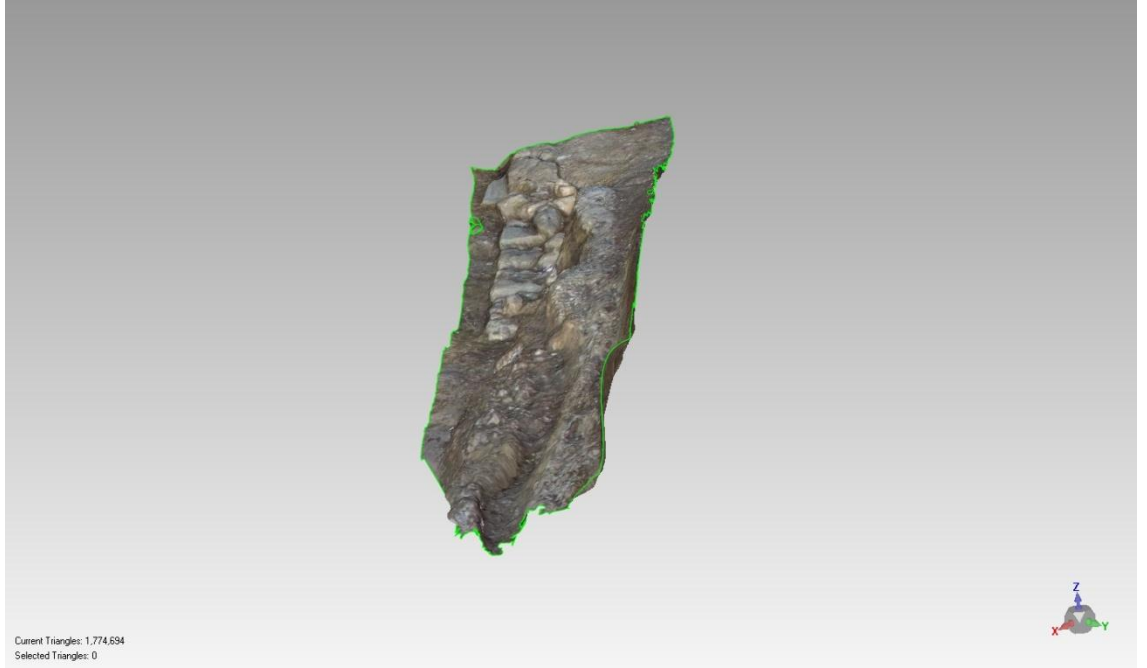
Şekil 8.40. Doku giydirilmiş ağ model



**Şekil 8.41.** Doku giydirilmiş ađ model



**Şekil 8.42.** Doku giydirilmiş ađ model



**Şekil 8.43.** Doku giydirilmiş ađ model

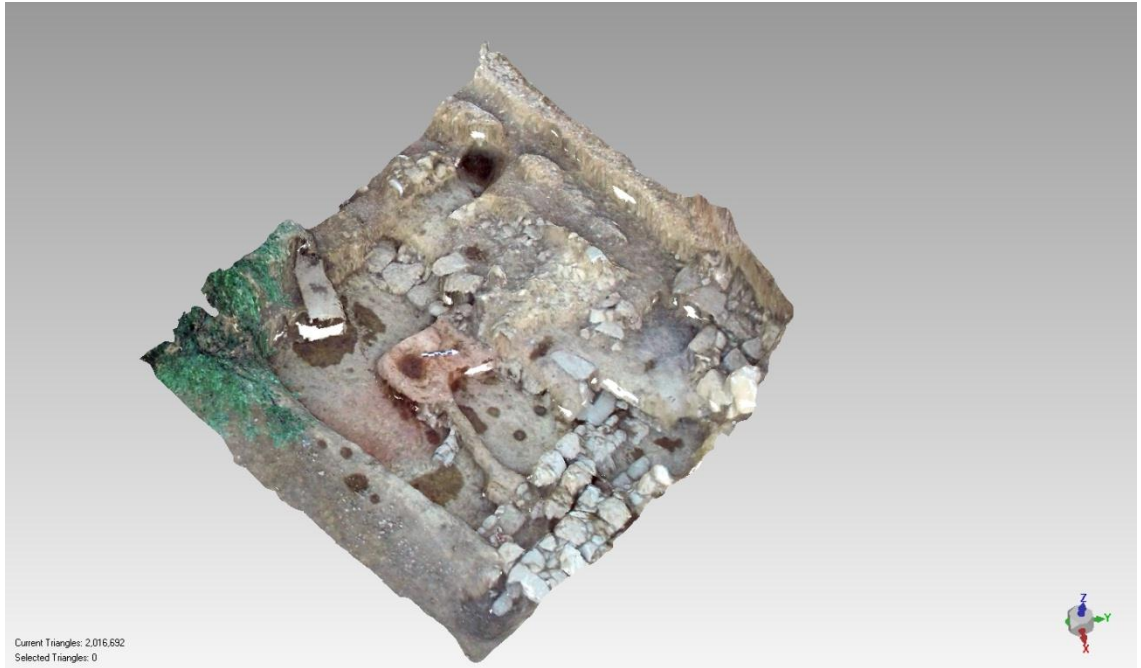


**Şekil 8.44.** Doku giydirilmiş ađ model

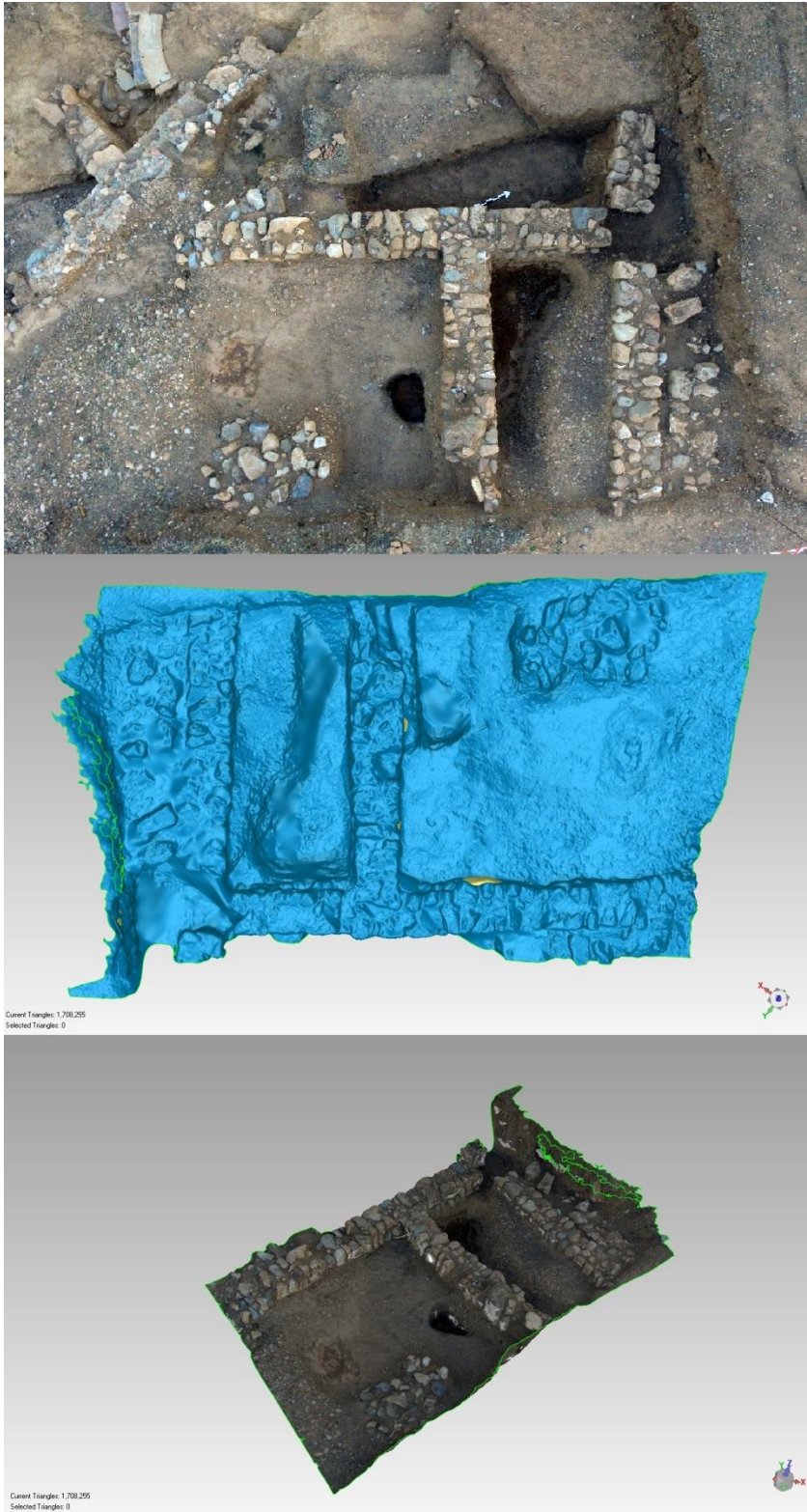




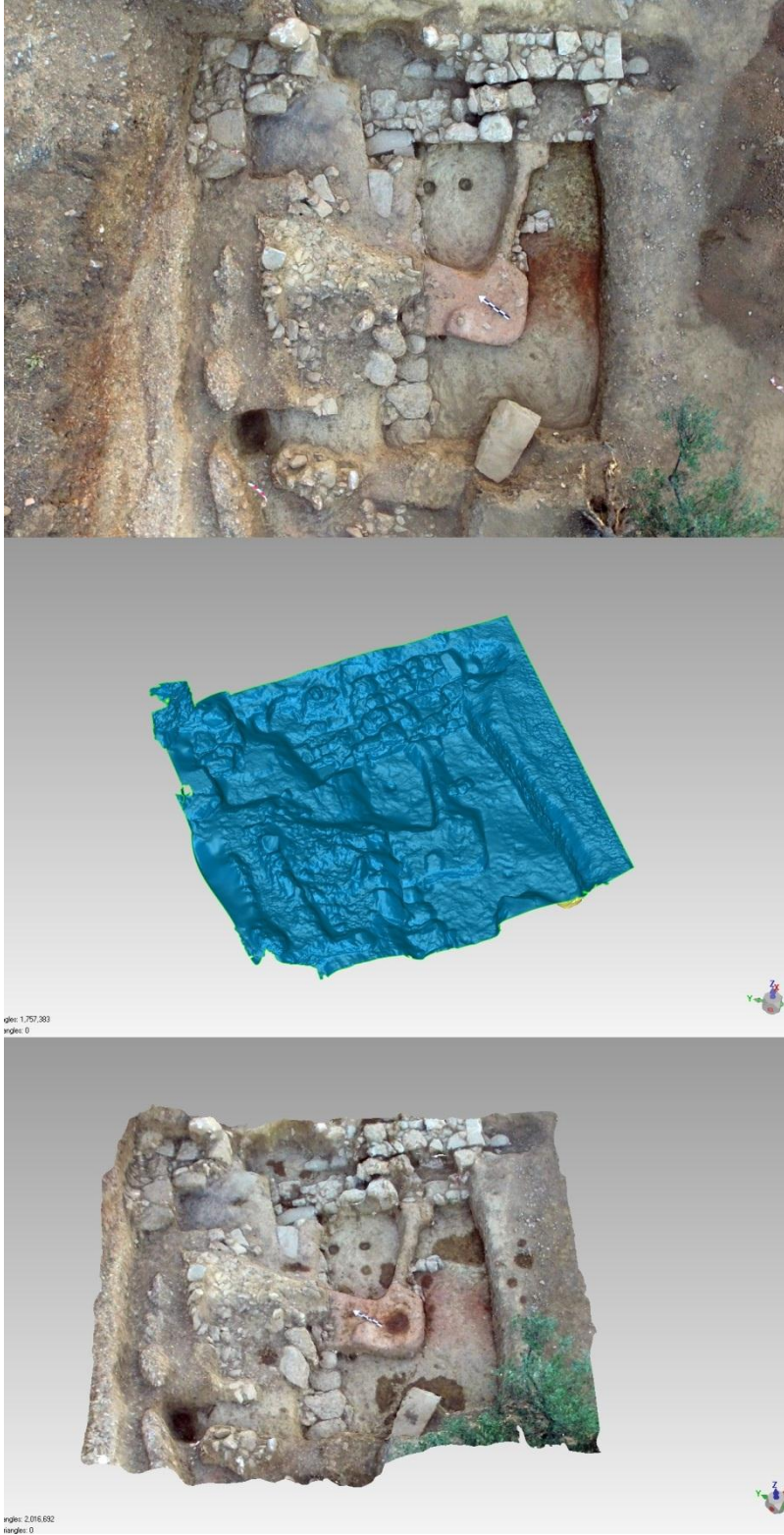
Şekil 8.45. Doku giydirilmiş ağ model



Şekil 8.46. Doku giydirilmiş ağ model



Şekil 8.47. Hava fotoğrafı, ağ model ve doku giydirilmiş ağ model



**Şekil 8.48.** Hava Hava fotoğrafı, ağ model ve doku giydirilmiş ağ model



Şekil 8.49. Amyklaion genel görünüm (Amyklaion kazı ekibi arşivinden)



Şekil 8.50. Amyklaion seramik buluntu örnekleri (Amyklaion kazı ekibi arşivinden)

## ÖZGEÇMİŞ

**Cem Sönmez BOYOĞLU**  
**cemsonmezboyoglu@gmail.com**



## ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2016- 2019	Fen Bilimleri Enstitüsü – Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı - Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2010-2014	Edebiyat Fakültesi - Arkeoloji

## MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Arkeolog	Antalya – Demre
2015-2016 sezonları	Noel Baba Kilisesi Kazıları
Arkeolog	Antalya – Kınık
2014 sezonu	Xanthos kazıları
Arkeoloji Öğrencisi	Antalya – Demre
2011-2013 sezonları	Myra ve Andriake kazıları

## ESERLER

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

Vlizon, S. , Pagounis, V. , Tsakiri, M. , Boyoğlu, C.S. , Demir, N. 2018. The use of geodetic techniques in the documentation of the Amyklesarchaeological site, FIG Congress 2018 Embracing our smart world where the continents connect: enhancing the geospatial maturity of societies Istanbul, Turkey, May 6–11