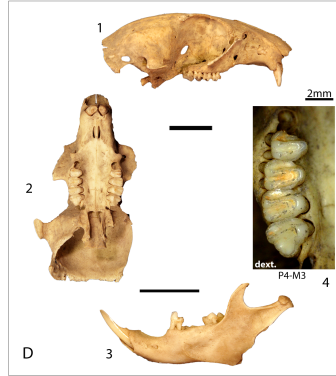
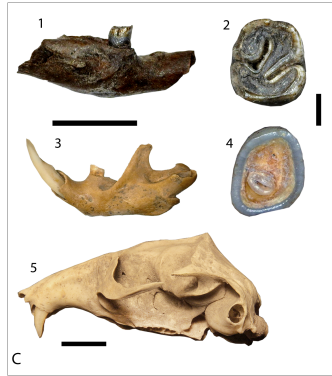
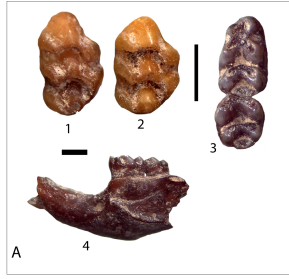


# 33

## ARKEOMETRİ SONUÇLARI

### TOPLANTISI 1. CİLT



T.C.

KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü

**33. ARKEOMETRİ**  
**SONUÇLARI TOPLANTISI**  
**1. CİLT**

T.C.  
KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

**Ana Yayın No: 3553/1**

Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü

Yayın No: 180/1

**Yayına Hazırlayan**

Dr. Candaş KESKİN



22- 26 Mayıs 2017 tarihlerinde gerçekleştirilen 33. Uluslararası Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu, Bursa Uludağ Üniversitesi ile Bursa Büyükşehir Belediyesi'nin katkılarıyla gerçekleştirilmiştir.

**ISSN: 1017-7671**

Kapak Fotoğrafı : Özcan ERDAL, Tepecik-Çiftlik (Niğde) Kemirgen Faunası, İlksel Bulgular  
Mizanpaj : Yakup ŞAHİNER

**Not:** Arkeometri araştırma Raporları, dil ve yazım açısından Dr. Candaş KESKİN tarafından denetlenmiştir. Yayınlanan yazıların içeriğinden yazarları sorumludur.

**Bursa Büyükşehir Belediyesi Matbaa Tesislerinde Basılmıştır.**

**BURSA 2018**

**39. ULUSLARARASI KAZI, ARAŞTIRMA VE ARKEOMETRİ  
SEMPOZYUMU BİLİM KURULU**

**SCIENTIFIC COMMITTEE OF 39th INTERNATIONAL  
SYMPOSIUM OF EXCAVATIONS, SURVEYS AND ARCHAEOOMETRY**

Prof. Dr. Yusuf ULÇAY

Prof. Dr. Mustafa ŞAHİN

Prof. Dr. Charles Brian ROSE

Prof. Dr. Mehmet ÖZDOĞAN

Prof. Dr. Havva İŐKAN İŐİK

Prof. Dr. Hakkı ACUN

Prof. Dr. İ. Hakan MERT

Prof. Dr. Berna ALPAGUT

Prof. Dr. Nicholas D. CAHILL

Prof. Dr. Aziz NOVRUZLU

Prof. Dr. Marcella FRANGIPANE

Prof. Dr. Miroslav NOVAK

Prof. Dr. Douglas BAIRD

Doç. Dr. Derya ŞAHİN

Doç. Dr. Necmi KARUL

Doç. Dr. Aygün EKİN MERİŐ

Yrd. Doç. Dr. V. Belgin DEMİRSAR ARLI

Yrd. Doç. Dr. Filiz İNANAN

## YAYIN KURALLARI

---

Göndereceğiniz bildiri metninin aşağıda belirtilen kurallara uygun olarak gönderilmesi, kitabın zamanında basımı ve kaliteli bir yayın hazırlanması açısından önem taşımaktadır. Bildirilerin yazımında kitaptaki sayfa düzeni esas alınarak;

- \* Yazıların A4 kağıda, üstten 5.5 cm. alttan 5 cm. soldan 4.5 cm. sağdan 3 cm. lik bir boşluk bırakılarak, 10 punto ile, bir satır aralığı olacak şekilde, Times New Roman fontu ile en fazla 10 sayfa yazılmalı,
- \* Başlık 14 punto, büyük harf ve bold olacak şekilde yazılmalı,
- \* Metinde ana başlıklar büyük harflerle ve italik, alt başlıklar, baş harfleri büyük ve italik olarak yazılmalı,
- \* Metin içinde geçen yabancı sözcük ve terimler, örneğin "*in-situ*" italik olarak yazılmalı,
- \* Metin içinde Milattan Önce gibi çok alışlagelmiş kısaltmalar dışında kısaltma kullanılmamalı, Milattan Önce ve sonra kısaltması: M.Ö., M.S. Erken Tunç Çağı: ETÇ olarak kullanılmalıdır.
- \* Bölge adlarının ilk harfleri, aynı şekilde yer, coğrafya ve kurum adlarının ilk harfleri büyük yazılmalıdır. Örneğin: Doğu Anadolu, Yakın Doğu, Avrupa, Akdeniz Bölgesi, Dicle Nehri, Ankara Üniversitesi, Türk Tarih Kurumu gibi.
- \* Ölçü ve ağırlıklar m. cm. mm. lt. gr. şeklinde yazılmalı,
- \* Dipnotların metnin altında ve metin içinde numaraları belirtilerek, 8 puntoda yazılmalı,
- \* Dipnot ve kaynakçada (bibliyografya) kitap ve dergi isimleri italik yazılmalı,
- \* Harita, çizim ve resimler 15 adetten fazla olmamalı, fotoğraflar JPG veya TIFF olarak gönderilmeli, gönderilen resimlerin çözünürlüğünün en az 300 pixel/inch olmalı,
- \* Çizimlere (Çizim: 1 ), resimlere (Resim: 1 ), haritalara (Harita: 1 ) olarak alt yazı yazılmalı ve kesinlikle levha sistemi kullanılmamalı,
- \* Yayım için telif anlaşması gerektiren Googleearth gibi görseller kullanılmamalı,
- \* Bildirilere, ilk sayfanın altında, dipnotlardan önce bütün yazarların mutlaka isim, unvan, e-mail ve yazışma adresi yazılmalıdır.

Yayınlanacak bildiri sayısının artması, kitapların zamanında basımını güçleştirdiğinden, bildirilerinizin sempozyum sırasında teslim edilmesi ya da en geç **1 Ağustos tarihine kadar**, [yayinlar@kulturturizm.gov.tr](mailto:yayinlar@kulturturizm.gov.tr) e-mail adresine gönderilmesi gerekmektedir.

Yayın kurallarına uymayan ve geç gönderilen bildirimler kesinlikle yayınlanmayacaktır.

## PUBLICATION INSTRUCTIONS

---

The papers presented in the International Symposium of Excavations, Surveys and Archaeometry will be published as before.

In order to complete a high-quality print in time, we kindly request you to send the paper texts in the format specified below:

Texts should be written in 10 pages on A4 paper, with Times New Roman and 10 type size within a space of 13.5x19 cm. Line spacing should be 10 points.

Heading should be written in bold with 14 typesize and with 14 points of line space. Main headings should be written with capitals, sub-headings with lower letters. Both types of headings should be written in italics.

Footnotes should be placed at the bottom of the pages, with their numbers indicated in the text. Footnote texts should be written with 8 type size and line space of 8 points.

Book and periodical titles in the footnotes and bibliography should be written in italics.

Total number of drawings and photos should not exceed 15. Photos should be either in JPG or TIFF format with at least 300 dpi solution and sent in a separate file.

Captions should be added to drawings (Drawing: .....), photos (Photo: .....) and maps (Map: .....). Plate system should not be used.

Authors must indicate their names, titles and contact information in their papers.

Digital text of the paper should be added to the print-out and both texts should be identical. Otherwise the digital version will be considered default.

As sudden accumulation of papers makes it difficult to complete printing in time, papers should either be submitted during the symposium or sent to *yayinlar@kulturturizm.gov.tr until the 1st of August.*

The papers that fail to comply with those instructions or that are sent after the deadline will not be published on no account.

# İÇİNDEKİLER

---

Ahmet İhsan AYTEK, Ayla SEVİM EROL.....	1
Geometric Mophometric Sex Determination From Skull in Ancient Anatolian Populations	
Zeynep TANRIVERDİ, Ali Akın AKYOL, Ümit ATALAY.....	13
Ankara Roma (Caracalla) Hamamı Yapı Malzemelerinde Arkeometrik Çalışmalar	
Ali GÜZEL, Yard. Doç. Dr. Çağla MERAL, Prof. Dr. M. Ümit ATALAY, Prof. Dr. Şahinde DEMİR.....	39
Çatalhöyük'ten Alınan Çeşitli Sıva Örneklerinin X-Işını Kirinim Analizi İle İncelenmesi	
Yrd.Doç. Dr Dr. Ali OZAN, Yrd. Doç. Dr. Haluk SAĞLAMTİMUR, Öğr. Gör. Koray ALPER.....	51
Türbe Höyük Coba Çanakları	
Ali YAŞAR, Tamer KORALAY, Bilal SÖĞÜT, Kıymet DENİZ.....	65
Stratonikeia Propylon Kilisesi'nde Korumaya Yönelik Araştırma ve Uygulamalar	
Ayla SEVİM EROL, Çilem SÖNMEZ SÖZER.....	81
Milas Belentepe Doğu Roma/Bizans Toplumunda Hypoplasia Olgusu	
Ayşe ACAR.....	101
Dara Antik Kent Kazısı Antropolojik Analizi	
Ayşegül ŞAHİN, Derya ATAMTÜRK, İzzet DUYAR.....	117
Resuloğlu Erken Tunç Çağı İskeletlerinde Dış Varyasyonları	
Barış SEMİZ, Celal ŞİMŞEK, Erim KONAÇI.....	131
Asopos Tepesi (Laodikeia) Orta Tunç Çağı Seramiklerinin Arkeometrik İncelemesi	
Barış YENER.....	147
Laodikeia 2013-2016 Yılları Jeoradar Araştırmaları	
A. Beril TUĞRUL.....	157
Anadolu Buluntusu Eserlerin Tahribatsız Muayene Metotları İle İncelenmesi	
Cenk GÜNER, Hamit HAYZARAN, Sinem KARAZİNCİR.....	167
Tlos Antik Kentinde Biyoarkeoloji Çalışmaları: İskender Lahdi	
Çiğdem ATAKUMAN, Hasan Can GEMİCİ, Cansu KARAMURAT, Burçin ERDOĞU.....	175
Gökçeada-Uğurlu Höyük'te Bulunan Neolitik ve Kalkolitik Dönem Figürinler	

Derya ATAMTÜRK, İzzet DUYAR, Barış ÖZENER.....	189
Sinop Kılıçlı Kazısında Ele Geçen Bir Bireyde Tespit Edilen Ankil Ozan Spondilit Bulguları	
Didem TEKSÖZ.....	199
Arkeolojik Alanlarda Koruma ve Çevre Düzenleme Yaklaşımları – Aşıklı Höyük Örneği	
Elif BAŞTÜRK.....	211
Başur Höyük'ten Ele Geçen Kırmızı – Kahverengi Boya Astarlı Mallar	
Emine TORGAN, Ali Akın AKYOL, Recep KARADAĞ, Kaan İREN.....	217
Daskyleion Tekstil Buluntusunun Arkeometrik İncelenmesi ve Diğer Kazılarda Bulunan Tekstil Numuneleri İle Karşılaştırılması	
Emre KURUÇAYIRLI, Joseph W. LEHNER, Nicolle HIRSCHFELD.....	229
Gelidonya Burnu Batığı'nın (M.Ö. 1200) Metal Kargosu: Bakır Külçelerin Tipolojik ve Arkeometalürjik İncelemesi	
Erhan TARHAN, Ayla SEVİM EROL, Alper Yener YAVUZ, Serdar MAYDA.....	249
Çorakyerler Lokalitesinden Ele Geçen Suidae Fosillerinin Paleontolojik Analizi	
Erim KONAKÇI.....	259
Asopos Tepesi M.Ö. 2. Binyıl Tezgâh Ağırlıkları ve Ağırsakları	
Ertuğ ÖNER, Serdar VARDAR, Mehmet DOĞAN, Sami BAŞAR.....	275
Damlıboğaz ve Pilav Tepe Çevresinde (milas, Muğla) Paleocoğrafya-Jeoarkeoloji Araştırmaları	
Ertuğ ÖNER, Serdar VARDAR, Rifat İLHAN.....	293
Bağlararası Çevresinde (Çeşme, İzmir) Holosen Kıyı Çizgisi Değişmeleri ve Jeoarkeoloji Araştırmaları	
Ertuğ ÖNER, Mehmet DOĞAN, Rifat İLHAN, Fatma YAMAN, İlhan KAYAN.....	319
Klazomenai- Lazomenai-Limantepe Çevresinde (Urla, İzmir) Paleocoğrafya-Jeoarkeoloji Araştırmaları	
Gizem ÖZER.....	339
Erken Tunç Çağı Seramiğinde Karşılaşılan Onarım Kalıntısı ve Arkeometrik İncelemeleri	
Gonca DARDENİZ, Tayfun YILDIRIM.....	349
Resuloğlu Erken Tunç Çağı Frit (?) ve Maden Buluntuları Üzerinde Arkeometrik Çalışmalar	
H. Gönül YALÇIN.....	359
Derekutuğun Madenci Yerleşimi 2016 Kazı Mevsimi Keramik Buluntuları	



Halil ÇAKAN, Salih KAVAK, K. Serdar GİRGINER .....	373
Tatarlı Höyük (Ceyhan/Adana) Arkeobotaniksel Veriler Işığında Üzüm Yetiştiriciliğine Dair Kanıtlar	
Halil KUMSAR, Ömer AYDAN, Bilal SÖĞÜT .....	385
Stratonikeia Antik Kentindeki (Milas-Muğla) Deprem İzleri ve Antik Tiyatro Yapısındaki Kaymanın Duraylılık Analizi	

# STRATONİKEİA ANTİK KENTİNDEKİ (MİLAS-MUĞLA) DEPREM İZLERİ VE ANTİK TİYATRO YAPISINDAKİ KAYMANIN DURAYLILIK ANALİZİ

Halil KUMSAR<sup>1</sup>  
Ömer AYDAN  
Bilal SÖĞÜT

## GİRİŞ

Karia Bölgesi'nin iç kesimindeki kentlerinden birisi olan Stratonikeia, Muğla İli, Yatağan ilçesi, Eskihisar Köyündedir (Resim: 1). M.Ö. 281 yılından sonra, Seleukos kralı I. Antiokhos tarafından, önceden üvey annesi ve sonrasında eşi olan Stratonike adının verildiği kent, içinde bulunduğu bölge, Hellenistik Dönem boyunca, Seleukos, Ptolemaios, Makedonyalılar, Rodos ve Roma arasında el değiştirmiştir. Roma İmparatorluk Dönemi boyunca hep önemini koruyan kent, devamlı bir gelişim ve imar faaliyeti içinde olmuştur. Erken İmparatorluk Dönemi ve M.S. 2. yy'daki yapılaşmadan en iyi şekilde yararlanmasını bilmiştir (Söğüt, 2010). Bizans Dönemi'nde Stratonikeia Piskoposluğu bölgedeki diğer kentler gibi Aphrodisias'a bağlıdır. Yaklaşık 10.000 kişilik olan tiyatro ise şehrin güneyinde Akropol'ün eteklerindedir ve oldukça iyi korunmuştur. Caveası (oturma yerleri) bir diyazoma (yürüyüş yolu) ile ikiye bölünmüştür. Yıkılmış olan sahne binası ise yapılan kazılar sonucunda büyük ölçüde ortaya çıkartılmıştır. Tiyatronun hemen üst tarafında imparatorlara adanmış bir mabedin kalıntıları vardır (Söğüt, 2011).

Batı Anadolu'da Ege Denizi ve Akdeniz içinde meydana gelen yıkıcı depremler, bölgedeki tarihi yerleşim yerlerinde ağır hasarlara ve can kayıplarına neden olmuştur. Bu çalışmada, Stratonikeia antik kentindeki tarihi deprem izlerinin bölgenin depremselliği ile olan ilişkisi araştırılmış ve tiyatro yapısının

<sup>1</sup> Prof. Dr. Halil KUMSAR, Pamukkale Üniv., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı Kampüsü, DENİZLİ

Prof. Dr. Ömer AYDAN, Dept. of Civil Eng. and Architecture, Univ. of the Ryukyus, Nishihara, Okinawa, JAPAN

Prof. Dr. Bilal SÖĞÜT, Pamukkale Üniv., Fen-Edebiyat Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölüm Başkanı, Kınıklı Kampüsü, DENİZLİ.

batı yamacındaki heyelanın static ve dinamik koşullar altındaki duraylılığı incelenmiştir.

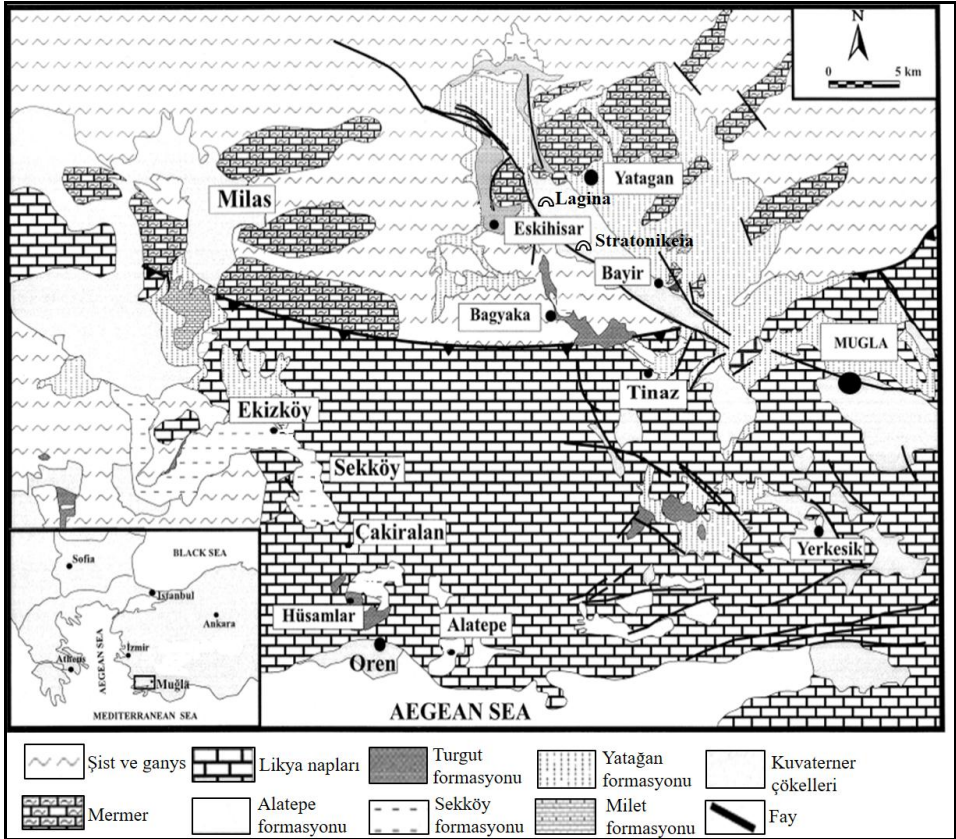


Resim 1: Stratonikeia antik kent alanının yer bulduru haritası

## GENEL JEOLOJİ VE TEKTONİK

Muğla havzası güneybatı Anadolu'da en çok linyit üretiminin yapıldığı ve kurulu termik santrallerden en fazla elektrik üretiminin yapıldığı bölgede yer alır. Muğla havzası KB-GD uzanımlı iki alt havzadan oluşur. Bu iki havza 15 km genişliğinde temel karmaşığı tarafından ayrılmıştır. Havzanın yaklaşık alanı 300 km<sup>2</sup> olup havza tabanında Likya napları yer alır. Bu birim güneyde okyanusal ve kıtasal kabuk parçalarından, kuzeyde ise Menderes Masifine ait şist, gnays, amfibolit, mermer birimlerinden oluşmaktadır (Querol vd, 1999). Havzada Neojen öncesi temel kaya üzerine Erken-Orta Miyosen yaşlı ve temelinde kömür oluşumları içeren grimsi çamurtaşı ve denizel silttaşı, kumtaşıdan oluşan Alatepe formasyonu uyumsuz olarak gelir. Bu birim üzerinde içerisinde ince tuf ve kömür seviyeleri içeren çamurtaşı, kumtaşı ve az konglomeradan oluşan Turgut formasyonu yer alır. Aynı birimin üstünde havzada geniş alanda üretilen kömür tabakası, ve bunun da üzerine grimsi yeşil renkli çamurtaşı, fosilli silttaşı ve kireçtaşı biriminden oluşan Sekköy formasyonu gelir. Bu birim, Geç Miyosen yaşlı Yatağan Formasyonu ve Milet Formasyonu tarafından üzerlenir. Yatağan formasyonu kırıntılı konglomera, çakıllı kumtaşlarından oluşur.

Milet formasyonu tatlı su kireçtaşları ve ince seviyede grimsi çamurtaşından oluşur (Querol vd, 1999). Kuvaterner yaşlı birimler ise tüm bu birimleri uyumsuzlukla örter ve yamaç eteklerindeki yamaç molozu, dere ve akarsu yataklarında biriken alüvyon birimlerinden oluşur (Resim: 2).



Resim 2: Muğla, Milas ve Yatağan civarının jeolojik haritası (Querol vd, 1999).

## Depremsellik ve Tarihi Yapılardaki Deprem İzleri

Ege bölgesinde, Ege Denizi ve Akdeniz'de tarihsel dönemlerde meydana gelen depremler antik kentlerde can kaybına ve ağır hasarlara yol açmıştır. Akdeniz'de MS 365 yılında meydana gelen depremin büyüklüğünün 8.3 ile 8.5 arasında olabileceği ve bu deprem sonucu Akdeniz ve Ege'deki bir çok yerleşim yerinde ağır hasar ve can kayıplarının meydana geldiği, ayrıca Girit, Sicilya, Tunus, Kalamata, Bingazi ve Kıbrıs'a kadar olan alanda tahmini olarak 9m yük-

sekiğinde tsunami dalgalarının oluştuğu Stiros (2010) tarafından belirtilmiştir. Bu büyük deprem sonrası Akdeniz ve Batı Anadolu'da 6 ve üzeri büyüklüklerde depremlerin meydana gelmiş olma ihtimali de yüksektir. Startonikeia Antik Kenti'nin 4 km KB'sında yeralan Lagina tapınak alanı da, MS 4. Yüzyılın 3. çeyreğinde meydana gelen büyük bir deprem sonucu tamamen yıkılmış ve terk edilmiştir (Tırpan ve Söğüt, 2005). Günümüzde bu tapınak alanında deprem izlerini görmek mümkündür (Resim: 3).



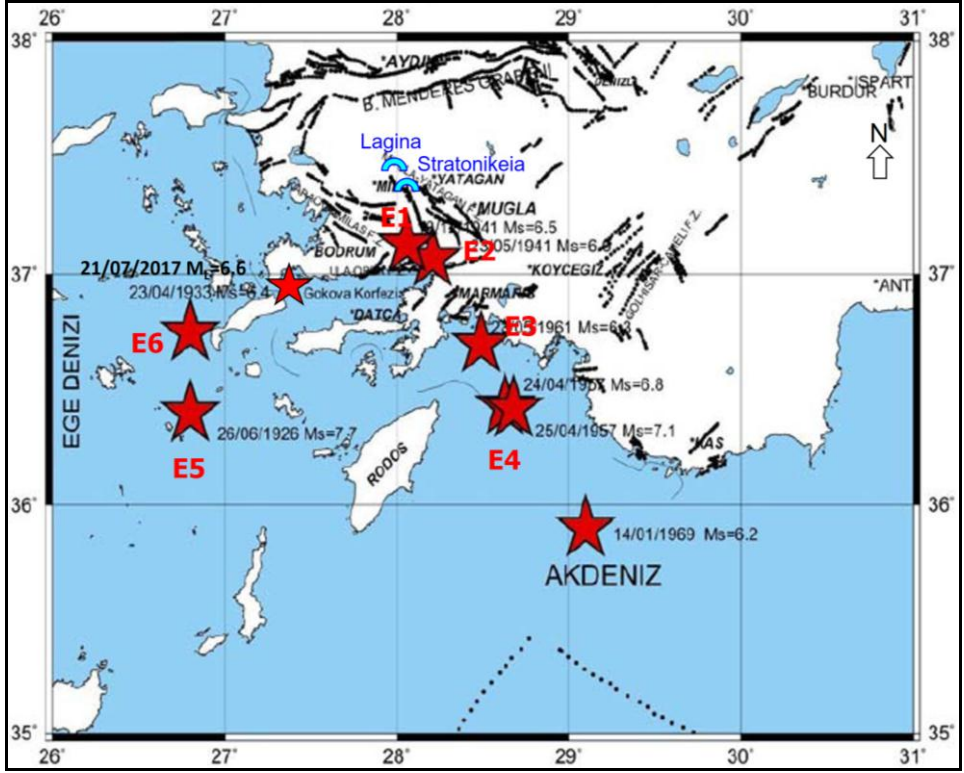
Resim 3: Lagina tapınak alanında MS 4. YY 3. çeyreğinde meydana gelen yıkıcı depremin izleri

Arkeolojik verilere göre MS IV. Yüzyılın 3. çeyreğinde meydana gelen büyük deprem sonucunda Stratonikeia antik kentinin bir çok yapısında ve tiyatro yapısının batı bölümünde ağır hasar meydana gelmiş (Resim: 4) ve bu tarihten sonra tiyatro yapısının hasarlı bölümü kullanılmamıştır (Pau, 2014). 1303 yılında Finike ile Rodos adası arasında Akdeniz'de 8.0 büyüklüğünde meydana gelen deprem, Ege ve Akdeniz'de büyük hasarlara neden olmuştur (Papazacos, 1996; Koeri, 2017).

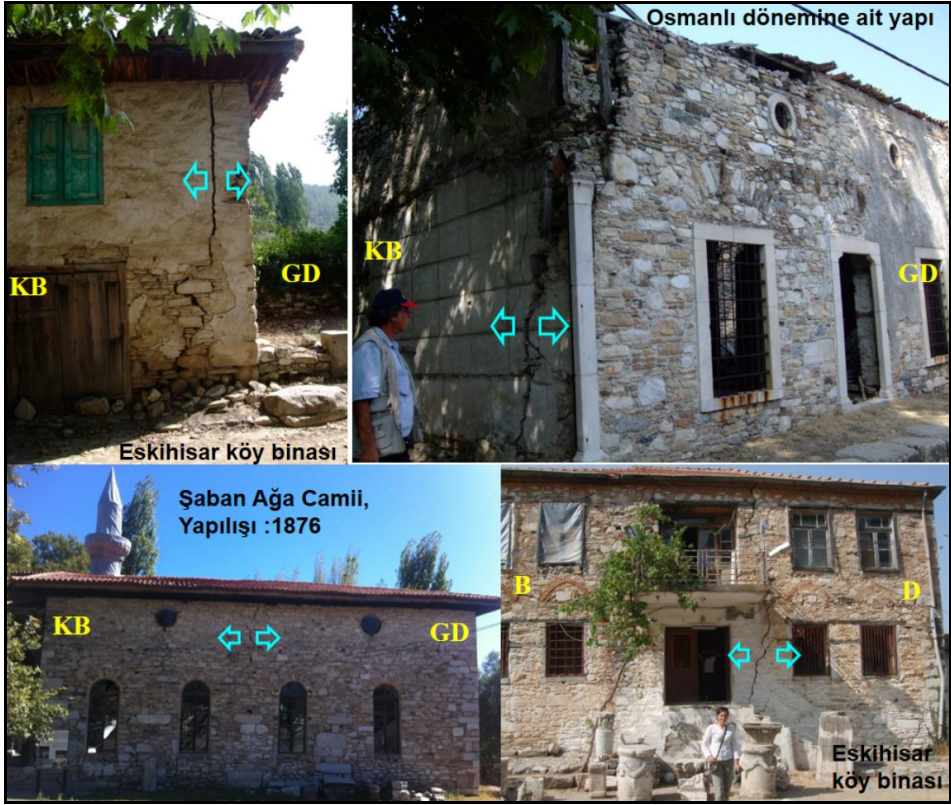
Son yüzyıl içinde bölgenin depremselliğine bakıldığında güney Ege ve Akdeniz'de 7.7 büyüklüğüne kadar olan depremlerin bölgede etkili olduğu görülmektedir (Resim: 5). Stratonikeia antik kent alanında yerleşim günümüze kadar devam etmiştir. 1900 yılı sonrası bölgede meydana gelen depremlerin Osmanlı ve Cumhuriyet dönemine ait yapılardaki hasarları resim 6'da gözlenmektedir.



Resim 4: Tarihsel dönemlerdeki büyük depremlerin Stratonikeia antik kentindeki izleri



Resim 5: Stratonikeia antik kenti ve çevresini etkileyen 1900 ve sonrası 6 ve üzeri büyüklükteki depremlerin dağılımı (Kalafat vd, 2005'den değiştirilerek).



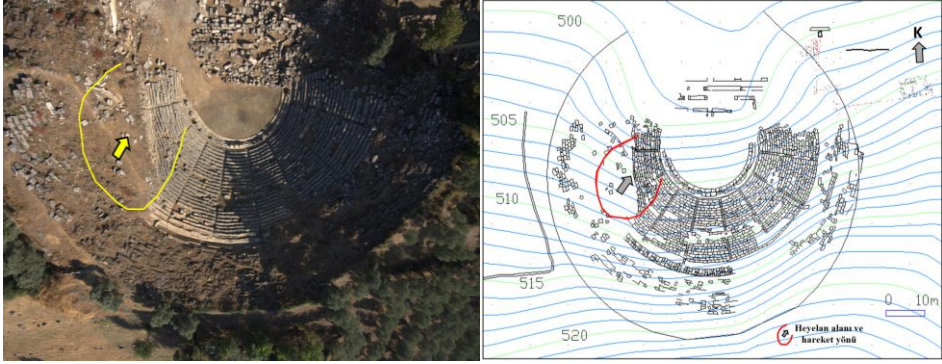
Resim 6: 1900 yılı sonrası meydana gelen büyük depremlerin Osmanlı ve Cumhuriyet dönemine ait yapılarda yol açtığı hasarlar

## ANTİK TİYATRO YAPISI HEYELANI

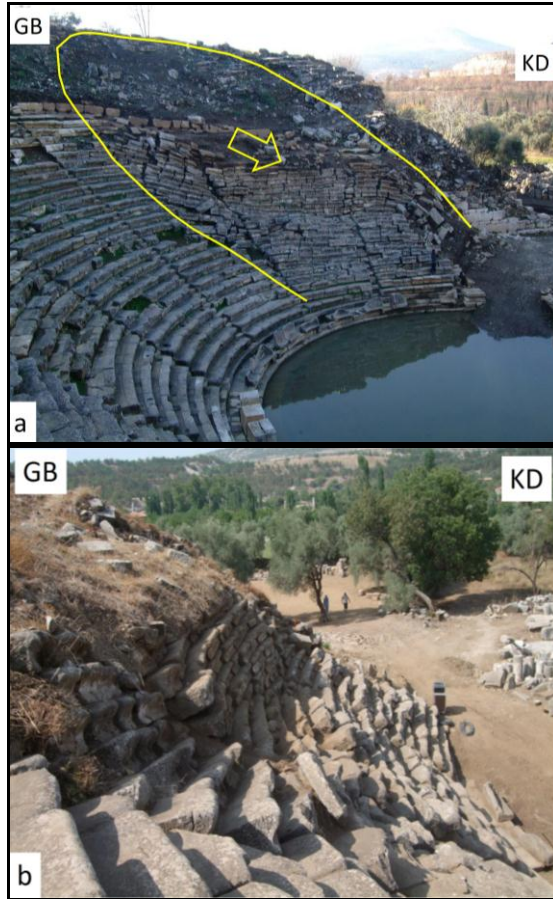
Tiyatro yapısı Antik kentin güney kesiminde Kedikule tepesinde ayrılmış şist birimi üzerinde doğal bir yamaç üzerine inşa edilmiştir. Helenistik dönemde inşa edilen yapılardan birisidir ve 15000 seyirci kapasitesine sahiptir (Söğüt, 2011). Tiyatro yapısının basamak ve rıht mermerleri 1m kalınlığında dolgu zemin üzerine döşenmiştir (Kumsar ve Aydan, 2016).

Tiyatro yapısının batısında yamaç duraysızlığı meydana gelmiş (Resim: 7) ve oturma basamakları titatronun KB girişine girişine doğru hareket etmiştir. Hareket sonucunda kayan kesimdeki basamak ve rıht mermerlerinde tiyatro yamacının ters yönüne GB'ya eğilimlenme meydana gelmiştir (Resim: 8a, b). Bu da göstermektedir ki,tiyatro yapısının batı yamacı dairesel bir kayma yüzeyi üzerinde duraysızlaşmıştır.





Resim 7: Tiyatro yapısının ve heyelanlı alanın balondan çekilmiş görüntüsü ve topoğrafik haritası



Resim 8: a) Tiyatro yapısında meydana gelen hasarların yakından görünümü, b) basamak ve rıhtlardaki hasarlar ve GB'ta ters eğimlenmeler.

#### 4.1. Jeoteknik Araştırmalar

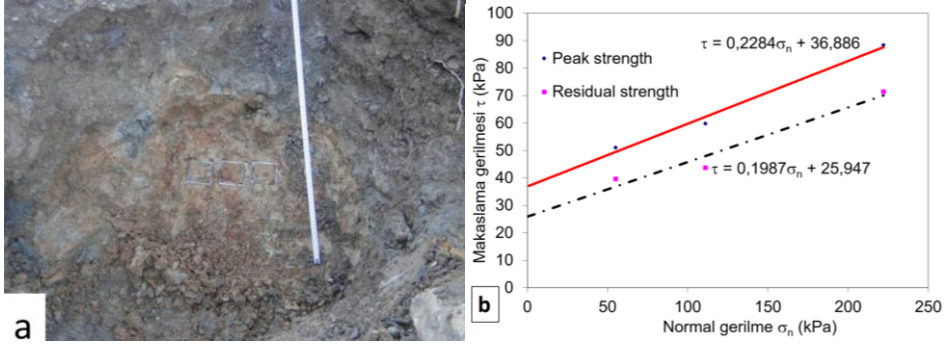
Yapılan arazi incelemelerinde tiyatronun batı yamacındaki hasarın dairesel yüzey üzerinde meydana gelen bir kütle hareketi (heyelan) sonucu oluştuğu belirlenmiştir. Heyelanın oluşum nedenlerinin ve mekanizmasının incelenmesi için tiyatronun heyelanlı bölümünde jeoteknik inceleme yapılmıştır. Tiyatro basamaklarının altında 100-110cm kalınlığında çakıl, kum silt ve kilden oluşan dolgu zemini ve bunun altında da ayrılmış şist birimi yer almaktadır. Ayrıca arazi çalışmalarında heyelan hareketinin ayrılmış şist birimi içinde geliştiği gözlenmiştir. Basamaklardaki düşey yerdeğiştirme 5m'ye yakındır. Bu da göstermektedir ki heyelan hareketi 110 cm'lik dolgunun altında ayrılmış şist birimi içerisinde meydana gelmiştir.

Kayma yüzeyinin içerisinde geliştiği ayrılmış şist biriminden örselenmemiş zemin örnekleri açmak için basamakların hareket ettiği ve tarihi eserin bulunmadığı kesimde kazı başkanının gözetiminde arkeolojik kazı ekibi tarafından araştırma ve sıyırma kazısı yapılmış ve zemin incelemesi yapılmıştır. Yüzeyden 100-110cm derinliğe kadar dolgu zemin ve bunun altında da yamacın ana zemini olan ayrılmış şist birimine rastlanmıştır. Kesme kutusu örnek kalıpları içerisinde ayrılmış şist biriminden bozulmamış örnekler alınmış (Resim :9a) ve bu örneklerin doğal su içeriğinde ve suya doymun konsolidasyonlu ve drenajlı doğrudan makaslama deneyleri yapılmıştır.

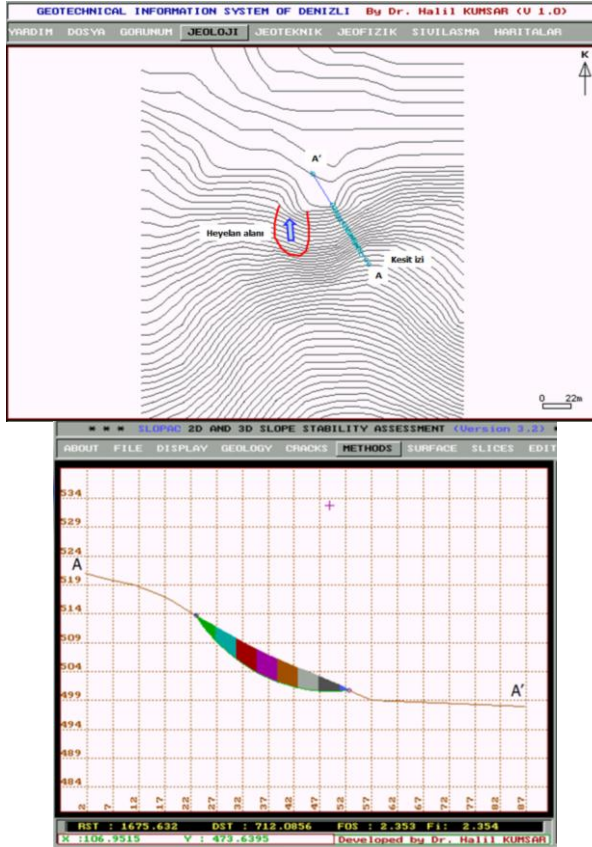
Ayrılmış şist biriminin doğal birim hacim ağırlığı ( $\gamma_n=21.3 \text{ kN/m}^3$ , doğal su içeriği  $w$  (%) 17.5, doymun su içeriği  $w$  (%) 24, doymun birim hacim ağırlığı  $\gamma_d=2.18 \text{ kN/m}^3$  olarak elde edilmiştir. Ayrılmış şist biriminin makaslama dayanım parametreleri olan doruk kohezyon  $c_d = 36.9 \text{ kPa}$ , doruk içsel sürtünme açısı  $\phi_d=12.9^\circ$ , artık kohezyon  $c_r = 36 \text{ kPa}$ , artık içsel sürtünme açısı  $\phi_r=11,23^\circ$  olarak elde edilmiştir (Şekil 9b).

#### Tiyatro Batı Yamacı Heyelanının Duraylılık Analizi

Heyelanın oluşum nedenlerinin incelenmesi için antik tiyatro yapısının güney yamacında aynı yüzey eğimine sahip topoğrafik haritadan kesit alınmış ve kayma öncesi topoğrafya tahmin edilmiştir. Kumsar (1993) tarafından geliştirilen SLOPAC 2D yamaç ve şev stabilitesi analiz programında topoğrafik kesit üzerinde kayma yüzeyi tanımlanmış ve kayan kütle düşey dilimlere ayrılmıştır (Resim: 10).



Resim 9: a)Tiyatro yapısının heyelanlı alanındaki ayrılmış şist biriminden bozulmamış örnek alımı, b) normal gerilme-makaslama gerilmesi grafiği

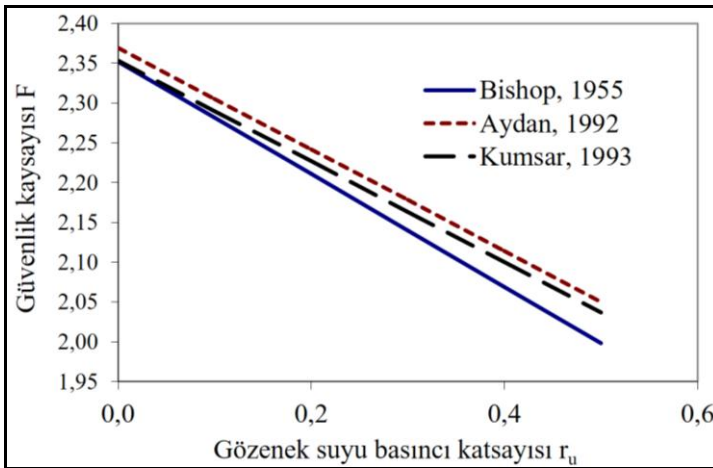


Resim 10: Antik tiyatro yapısı topoğrafik haritasında üzerinde heyelan alanı ve kesit izi, kesit üzerindeki kayma kütleli

Hareket eden kütlelerin farklı koşullar altındaki duraylılık analizleri limit denge yöntemleri (Bishop, 1955, Aydan vd, 1992 ve Kumsar 1993) ile hesaplanmıştır. Gözenek suyu basıncı katsayısı ( $r_u$ ) sıfır olması durumunda yapılan duraylılık analizlerinde ortalama güvenlik katsayısı (F) 2.53 olarak hesaplanmıştır ve tiyatro yamacı duraylıdır. Yağış etkisi ilave edilerek yapılan analizlerde de gözenek suyu basıncı katsayısı ( $r_u$ ) içerilmiş ve 0.5 değeri (maksimum gözenek suyu basıncı değeri) için ortalama güvenlik katsayısı 2.05 olarak hesaplanmıştır (Şekil 11). Bu durumda, yağışlı dönemde de tiyatro yapısı duraylıdır ve kütle hareketi meydana gelmez (Çizelge: 1).

**Çizelge 1. Antik tiyatro yapısının batı yamacının statik ve koşullarda duraylılık analizi**

Analiz yöntemi	Toplam tutucu kuvvetler (kN)	Toplam itici kuvvetler (kN)	Güvenlik katsayısı (F)
Bishop (1955)	1676,87	712,86	2,352
Aydan vd (1992)	1677,784	706,892	2,369
Kumsar (1993)	1675,63	712,085	2,353



Resim 11: Tiyatro batı sahnesi yamacının güvenlik katsayısının gözeneksuyu basıncı ile değişimi.

Stratonikeia antik kenti tarihsel dönemlerde meydana gelen büyük depremler sonucu ağır hasar görmüştür (örneğin MS 139, 360-365, MS 1060-1080). Arkeolojik verilere göre MS IV. yüzyılda meydana gelen büyük deprem sonucunda kentin bir çok yapısında ağır hasar meydana gelmiştir (Söğüt 2010, 2011,

2013; Pau, 2015). Aynı depremde tiyatro yapısının batı bölümünde ağır hasar meydana gelmiş ve bu tarihten sonra tiyatro yapısının hasarlı bölümü kullanılmamıştır.

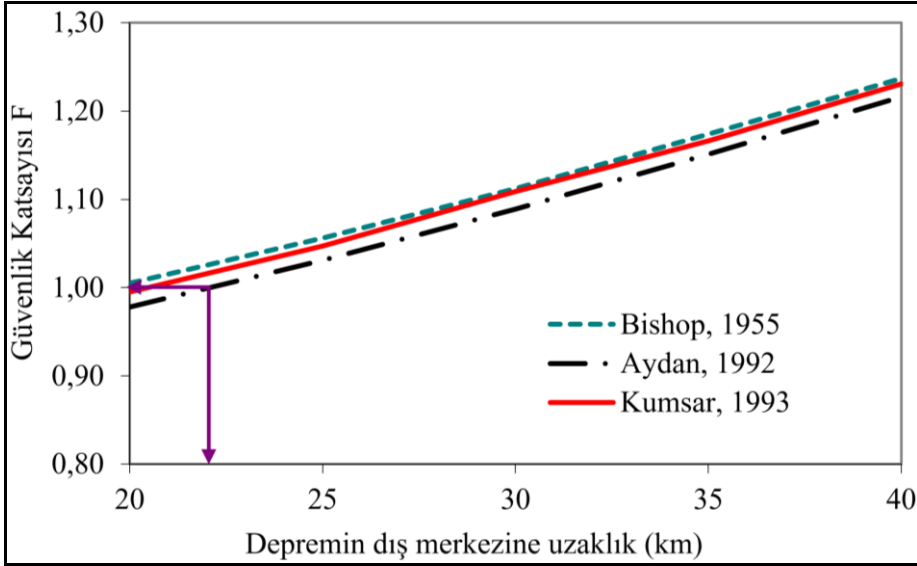
Kalafat vd, (2005) tarafından yapılan çalışmada tiyatro yapısına olan yatay uzaklıkları 25 ile 160 km arasında değişen ve büyüklükleri 6.0 ile 7.7 arasında olan depremlerin dağılımı Şekil 5’de verilmiştir.

Bölgedeki depremlerin etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan dinamik duraylılık analizlerinde depremlerin derinliği 20 km olarak kabul edilmiş ve Şekil 5’deki depremlerin Stratonikeia antik kentine olan yatay mesafeleri hesaplanarak tiyatro yapısına etkiyen maksimum yer ivmesi ( $a_{max}$ ) Aydan (---) tarafından önerilen yöntemle göre hesaplanmıştır (Çizelge: 2).Stratonikeia’ dan 25 km uzaktaki merkez üssünde ve büyüklüğü (M) 6.5 olan deprem etkisinde ve gözenek suyu basıncı etkisi dikkate alınmadığında yamacın güvenlik katsayısının 1.04 olduğu hesaplanmıştır. Söz konusu deprem sırasında zeminde gözenek suyu basıncının varlığı da dikkate alındığında Tiyatro yapısında meydana gelen heyelanın bir deprem sonucunda meydana gelme ihtimali çok yüksektir.

Deprem derinliği 20 km ve deprem büyüklüğü 6.5 olarak kabul edildiğinde depremin dış merkez noktasının tiyatro alanına olan uzaklığı değiştirilerek yapılan duraylılık analizlerinde 20-22 km uzaklıklardaki depremler sonucu tiyatro yapısındaki heyelanın meydana gelebileceği görülmektedir (Resim: 12).

**Çizelge: 2. Tiyatro alanına farklı mesafelerde ve yüzeyden 20 km derinlikte meydana gelen depremlerin etkisi altında heyelan kütlelerinin duraylılık analizleri (F: güvenlik katsayısı)**

Deprem	Tarih	Deprem büyüklüğü (M)	Episantr mesafesi (km)	F Bishop, 1955	F Aydan vd, 1992	F Kumsar, 1993
E1	13.12.1941	6.5	25	1.066	1.044	1.058
E2	1941	6.0	36	1.60	1.60	1.160
E3	1961	6.3	65	1.74	1.73	1.74
E4	1957	7.1	90	1.66	1.65	1.66
E5	1926	7.7	160	2.08	2.09	2.08
E6	1933	6.4	130	2.22	2.23	2.18



Resim 12: Tiyatro yamacının güvenlik katsayısının deprem dışmerkez uzaklığına bağlı değişimi

## SONUÇLAR

Stratonikeia antik kenti tarihsel dönemlerde ve son yüzyılda bölgede meydana gelen depremlerden etkilenmiş ve ağır hasar görmüştür. Ege Denizin güneyinde ve Akdeniz'de meydana gelen tarihsel depremlerin izleri Lagina tapınak alanında ve Stratonikeia antik kentinde görülmektedir.

Stratonikeia antik kentinde yerleşim günümüze kadar devam etmiştir. Bölgedeki büyük depremlerin antik kentteki izleri Roma, Osmanlı ve Cumhuriyet dönemlerine ait yapılarda ve yapılarda mevcuttur.

Antik kentte tiyatro yapısı oturma basamakları altında 110 cm kalınlığında dolgu zemin ve bunun altında da ayrılmış şist birimi yer almaktadır. Arkeolojik çalışmalarda, tiyatronun batı yamacında meydana gelen heyelan nedeniyle IV. yüzyıldan günümüze kadar tiyatronun tam kapasite ile kullanılmadığı belirtilmektedir.

Tiyatro batı yamacında ayrılmış şist biriminden alınan örselenmemiş örnekler üzerinde gerçekleştirilen doğrudan makaslama deney sonuçları kullanılarak yapılan duraylılık analizlerinde yamacın güvenlik katsayısının 2.32-2.37 arasında değiştiği ve duraylı olduğu hesaplanmıştır. Yağış ve yeraltı suyu etkisiyle yamaç içinde gözenek suyu basıncının,  $r_u$ , artması etkisinin incelenmesi için  $r_u$

değeri 0 - 0.5 arasında artırılmış ve güvenlik katsayısının 1.95-2.05 arasında olduğu ve kaymanın meydana gelmeyeceği belirlenmiştir.

Bölgede son yüzyıl içinde meydana gelen ve büyüklükleri (M) 6 ve üzerinde olan depremlerin etkisi incelendiğinde 1941 yılında tiyatro yapısına 25 km uzaklıkta büyüklüğü 6.5 olan depremin derinliği 20km alınarak yapılan dinamik duraylılık analizlerinde tiyatro yamacının güvenlik katsayısı 1.058 hesaplanmıştır. Zeminde gözenek suyu basıncının da olması durumunda tiyatro yamacı 25 km uzaklıktaki büyüklüğü 6.5 ve üzeri bir deprem sonucu kaymıştır.

Arkeolojik verilerde MS. IV. Yüzyılın 3. çeyreğinde meydana gelen depremden sonraki dönemlerde tiyatro binasının kısmen kullanıldığı verileri de bölgede meydana gelen 6.5 ve üzeri deprem sonucu tiyatro binasında bir heyelan meydana geldiği yorumunu güçlendirmektedir. Bu deprem Girit adasını etkileyen ve büyüklüğü 8.5-8.5 arasında olduğu yorumlanan depremden hemen sonraki zaman diliminde olmuştur. Dolayısıyla Ege ve Akdeniz’de meydana gelen 8 ve üzeri büyüklüklerdeki depremlerden sonra batı Anadolu’da 6 ve üzerinde deprem aktiviteleri meydana gelme olasılığı yüksektir.

### KAYNAKÇA

- Aydan, Ö., Shimizu, Y. and Kawamoto, T., 1992. The stability of slopes against combined shearing and sliding failures and their stabilization. Asian Regional Symposium on Rock Slopes, Oxford & IBH Publ., New Delhi, pp 1105-1117.
- Aydan Ö.,1997. Seismic characteristics of Turkish earthquakes, Turkish Earthquake Foundation, TDV/TR 97-007
- Bishop, A.W. 1955. The use of slip circle in the stability analysis of slopes. Geotechnique, Vol 5,pp 7-17.
- Kalafat, D., Güneş, Y. And Kekovalı, K. 2005. Mavi Ağ Projesi ve Muğla Bölgesi’nin Depremselliğinin Eş-Zamanlı Takibi, (in Turkish) Deprem Sempozyumu, Kocaeli, s. 158-160.
- Kumsar, H. 1993. Mine Slope Stability Assessment by Uusing Inter-slice Force Tranmission, PhD Thesis, Nottingham University, UK., 251 p.
- Kumsar, H ve Aydan, Ö. 2015. Stratonikeia Antik Tiyatrosu Batı Bölümünde Meydana Gelen Heyelanın Oluşum Nedenlerinin Statik ve Dinamik Şartlar Altında İncelenmesi, Stratonikeia ve Çevresi Araştırmaları, Editör Bilal Söğüt, Ege Yayınları, 978-605-4701-98-8, 257-264
- Pau, 2015. <http://pau.edu.tr/stratonikeia/en/sayfa4768.aspx>
- Querol, X., Alastuey, A., Plana, F., Lopez-Soler, A., Tuncali, E., Toprak, S., Ocakoglu, F., Koker, A. 1999. Coal geology and coal quality of the Miocene Mugla

basin, southwestern Anatolia, Turkey, International Journal of Coal Geology 41, 311-332

Söğüt, B. "Stratonikeia 2008 Yılı Çalışmaları", 31. Kazı Sonuçları Toplantısı-4, 2010, 263-286.

Söğüt, B. "Stratonikeia 2009 Yılı Çalışmaları", 32. Kazı Sonuçları Toplantısı-4, 2011, 194-211.

Söğüt, B. "Stratonikeia 2011 Yılı Çalışmaları", 34. Kazı Sonuçları Toplantısı-3, 2013, 45-58.

Tırpan A.A, Söğüt B. 2005. Lagina: Lagina Araştırmaları I, Anıl Ofset ve Tipo Matbaacılık, Muğla, 71 s.